



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

NOMBRE DEL PROYECTO

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE BANCO RESISTIVO DE
12KW**

OPCIÓN QUE CORRESPONDA

**TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA
PROFESIONAL**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERIA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES

PRESENTA:

JOVANY VELAZQUEZ MONTIEL

NOMBRE DEL ASESOR:

SALVADOR RAÚL MONTERO VALENCIA

APIZACO, TLAXCALA, MARZO 2026



Educación
Secretaría de Educación Pública



Instituto Tecnológico de Apizaco
Departamento Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Tzompantepec, Tlaxcala, **04/Marzo/2026**
Departamento: Ingeniería Eléctrica y Electrónica
No. De oficio: I.E.E. /141/2026

Asunto: Liberación de Proyecto
para la Titulación Integral

LIC. CECILIA YARELLY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

Nombre del egresado:	JOVANY VELAZQUEZ MONTIEL
Carrera:	INGENIERÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES
No. De Control:	21371178
Nombre del proyecto:	"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE BANCO RESISTIVO DE 12 KW".
Producto	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA ELÉCTRICA
Y ELECTRÓNICA

M.I.E. MARIO EDUARDO LEAL LÓPEZ
JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



ING. SALVADOR RAÚL MONTERO VALENCIA
Nombre y Firma del Asesor

MELL/isa*
C.p. Archivo



2026
año de
Margarita
Maza





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala, **17/Marzo/2026**

JOVANY VELAZQUEZ MONTIEL
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES
CON NÚMERO DE CONTROL 21371178.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE BANCOS RESISTIVO DE 12 KW"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

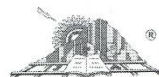
Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

CECILIA YARELLY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo
CYAL/Gvm*



Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 144, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx <https://www.apizaco.tecnm.mx>

Agradecimientos

Quiero empezar agradeciendo al Instituto Tecnológico de Apizaco que ha sido fundamental en mi formación académica y profesional, al igual quiero expresar mi agradecimiento a cada uno de los docentes que me fueron proporcionando los conocimientos desde el primer semestre hasta el último, estoy consciente que sin ellos no hubiera podido llegar hasta esta instancia.

En especial agradezco a mis padres todo su apoyo a lo largo de la carrera, sé que hubieron momentos en los cuales parecía difícil continuar, pero gracias a su apoyo logre afrontar con éxito cada uno de esos obstáculos. En especial a mi madre que cada día me daba ánimos para seguir adelante y poder dar lo mejor de mí, el llegar hasta acá es de gran parte gracias a ella. Mis hermanas igual fueron una parte fundamental de este proceso aconsejándome en algunas decisiones que tenía que tomar.

Finalmente agradezco a las personas que de alguna manera me ayudaron en la formación y desarrollo de mi proyecto de residencias, igual una parte fundamental que sin ellos no hubiera podido realizarlo, en realidad siempre cada persona es importante en la vida de uno ya que de alguna forma te ayuda dando consejos, enseñando nuevas cosas o hasta incluso en algunos momentos difíciles te ayudan a seguir adelante. Por eso este logro no solo representa un esfuerzo personal, si no igual el respaldo de todos aquellos que me ayudaron a formar parte de mi trayectoria.

Resumen

En este apartado se presenta este proyecto el cual surge de la necesidad de poder verificar si el alternador automotriz otorga una eficiencia y potencia eléctrica adecuada y estable bajo condiciones de operación reales. En los sistemas eléctricos automotrices, un alternador cumple el papel fundamental de abastecer de energía al vehículo, ya sea a los distintos componentes eléctricos y electrónicos. Un problema muy común es la cuando existe una regulación inadecuada de voltaje o una entrega insuficiente de potencia eléctrica, esto ocurre cuando el sistema opera bajo carga, con ello puede generar fallas, reducir la eficiencia del sistema y afectar la seguridad del conjunto eléctrico.

Ante la falta de equipos que permitan simular condiciones reales de carga eléctrica a las que se somete el alternador de forma controlada, se encontró la necesidad de diseñar e implementar un banco de resistencias capaz de simular y reproducir dichas condiciones. En este banco resistivo de pruebas se permite aplicar las cargas eléctricas directamente al alternador, teniendo como prioridad evaluar su comportamiento bajo distintos niveles de exigencia, lo que facilita la detección de caídas de potencia, inestabilidades de voltaje cuando el sistema es sometido a condiciones reales de operación.

Con la finalidad de poder resolver esta problemática, se planteó el objetivo del proyecto el cual es el diseño y construcción de un sistema de carga eléctrica que permita realizar pruebas reales de manera confiable y segura. Para su desarrollo se aplicó una metodología, la cual inicia con una revisión del estado del arte y de la técnica para saber los avances que han ocurrido con base al tema del banco resistivo y el alternador. Después se pasó a definir especificaciones técnicas del sistema, se realizaron los cálculos eléctricos necesarios para determinar los valores de potencia eléctrica,

corriente y resistencia, así como los componentes que se utilizaran para el sistema de protección eléctrica y disipación térmica para su correcto enfriamiento.

Se incluyó la integración de cada uno de los componentes necesarios para la realización de dicho proyecto, desde el sistema de control, de protección eléctrica, el cual permitió tener un monitoreo continuo de las variables eléctricas durante las pruebas, al igual el sistema de ventilación forzada para la lograr una buena disipación de calor generado, por parte de la etapa de implementación. Se procedió a realizar las pruebas de continuidad eléctrica, aplicando cada una de las cargas parciales y total directamente del banco de resistencias al alternador, evaluando así la estabilidad de voltaje bajo carga y verificando las condiciones de seguridad del sistema.

Los resultados obtenidos nos ayudaron a demostrar que el banco de resistencias es capaz de operar de manera estable y segura, permitiendo evaluar el comportamiento eléctrico del alternador bajo carga, no solo eso, igual se logró realizar pruebas correspondientes a generadores de energía, justificando con ello la necesidad de que el banco resistivo sea de 12 KW, demostrando que igual puede ser utilizado en entornos industriales. Se comprobó una adecuada disipación térmica y correcta respuesta del sistema de protección ante condiciones irregulares, en conjunto el sistema desarrollado se consolida como un equipo efectivo para el análisis de la entrega de potencia eléctrica, la detección de estabilidades de voltaje y validación de la ficha técnica del fabricante.

Índice

Capítulo I: Introducción	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Revisión del Estado de la Técnica	3
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5
Capítulo II: Marco Teórico	6
2.1. Descripción del funcionamiento y sistema del alternador	6
2.1.1. Principio de funcionamiento del alternador	6
2.1.2. Terminales para las conexiones del alternador	9
2.1.3. Diagrama de funcionamiento del alternador	10
2.1.4. Especificaciones del alternador bajo carga eléctrica	13
2.2 Principio de funcionamiento y diseño del banco resistivo	14
2.2.1. Principio de funcionamiento de un banco resistivo	14
2.2.2. Dimensionamiento del sistema de protección eléctrica (fusibles, disyuntores, contactores)	15
2.2.3. Aplicación de la Ley de Joule en la disipación de potencia eléctrica	18
2.2.4. Diseño del sistema de distribución de carga de etapas escalonadas	20
2.3 Principio de funcionamiento de un rotor en el alternador	21
2.3.1. Principio de funcionamiento del rotor	22
2.3.2. Estrategias para la estabilidad del voltaje de salida	23
2.3.3. Relación entre corriente de excitación y estabilidad del voltaje	24
2.3.4. Impacto del control del rotor en la reducción del rizado del voltaje	25
2.4. Ergonomía y accesibilidad para mantenimiento del banco resistivo	26
Capítulo III: Metodología	28
3.1 Diseño de especificaciones	28
3.1.1. Requerimientos eléctricos y térmicos del banco resistivo	28
3.1.2. Componentes del sistema de control y monitoreo	31
3.2 Diseño detallado	34

3.2.1. Cálculo de potencia total y distribución de carga por fases.....	34
3.2.2. Diseño del diagrama eléctrico del banco resistivo en software AutoCAD	35
3.3 Simulación	39
3.3.1. Simulación de las resistencias en el circuito del banco resistivo.	39
3.3.2. Simulación térmica del comportamiento de las resistencias en software SolidWorks	40
3.4 Implementación o prototipado	41
3.4.1. Montaje del sistema de control y protecciones eléctricas.	41
3.4.2. Instalación del sistema de ventilación y sensores de temperatura	46
3.4.3. Ensamblaje del prototipo del banco resistivo.	47
3.5 Pruebas o Testing	50
3.5.1. Prueba de encendido del banco resistivo	50
3.5.2. Prueba de medición de parámetro del alternador.....	51
3.5.3. Prueba de medición de parámetros del generador de energía.....	55
Capítulo IV: Resultados y Conclusiones	60
4.1 Resultados	60
4.2 Conclusiones	61
Capítulo V: Competencias desarrolladas y/o aplicadas.....	62
Referencias.....	63
Anexos	67
Anexo 1: Requerimientos de Gestión Tecnológica y Vinculación.....	67
Anexo 2: Requerimientos de División de Estudios Profesionales	67
Anexo 3: Requerimientos de Servicios Escolares	67

Índice de Figuras

Ilustración 1. Alternador automotriz	6
Ilustración 2. Visualización del alternador en un vehículo.....	7
Ilustración 3. Conexiones del alternador	9
Ilustración 4. Preexcitación de un alternador	11
Ilustración 5. 1. Devanado del rotor. 2. Devanados del estator. 3. Diodos de campo.	11
Ilustración 6. Circuito rectificador.....	11
Ilustración 7. Después de rectificar el voltaje CA, se crea un voltaje de rizado (línea).	12
Ilustración 8. Circuito regulador de voltaje	12
Ilustración 9. Diagrama eléctrico del alternador.....	13
Ilustración 10. Banco resistivo	15
Ilustración 11. Interruptor diferencial.....	16
Ilustración 12. Diagrama de conexión del interruptor diferencial.....	16
Ilustración 13. Interruptor termomagnético	17
Ilustración 14. Contactor eléctrico.....	18
Ilustración 15. Resistencia de inmersión tubular aletada.....	19
Ilustración 16. Aletas para transferencia de energía.....	20
Ilustración 17. Ventilador extractor industrial.	20
Ilustración 18. Diagrama de etapas escalonadas.....	21
Ilustración 19. Componentes internos del rotor.....	22
Ilustración 20. Medición de la resistencia del embobinado	23
Ilustración 21. Bobinado y marco de acero del rotor	23
Ilustración 22. Voltaje bajo en la batería	24
Ilustración 23. Regulador de voltaje de alternador.....	25
Ilustración 24. Tensión del rizado.....	26
Ilustración 25. Ejemplo de tener un buen manejo de ergonomía	27
Ilustración 26. Interruptor diferencial.....	28
Ilustración 27. Interruptor automático Siemens	29
Ilustración 28. Disyuntor magnetotérmico	29

Ilustración 29. Contactor eléctrico.....	30
Ilustración 30. Resistencia de inmersión tubular aletada.....	30
Ilustración 31. Ventilador extractor industrial	31
Ilustración 32. Interruptor basculante SPST	32
Ilustración 33. Pantalla HMI	32
Ilustración 34. Datasheet de la pantalla HMI	33
Ilustración 35. Visualización de botón de paro de emergencia.....	33
Ilustración 36. Parte 1 de diagrama del circuito de control	36
Ilustración 37. Parte 2 de diagrama eléctrico del monitoreo de las resistencias.....	36
Ilustración 38. Diagrama eléctrico completo.....	38
Ilustración 39. Diagrama de control de interruptores con contactores	39
Ilustración 40. Conexión de las resistencias de acuerdo con el banco	39
Ilustración 41. Simulación de resistencias y valores reales	40
Ilustración 42. Resistencia sometida a baja temperatura	40
Ilustración 43. Análisis de elementos finitos en resistencia	41
Ilustración 44. Montaje de disyuntor al tablero	42
Ilustración 45. Montaje de interruptores al tablero.....	42
Ilustración 46. Montaje de contactores eléctricos.....	43
Ilustración 47. Montaje de TC al tablero	43
Ilustración 48. Montaje y visualización de la pantalla	43
Ilustración 49. Montaje y visualización del botón de inicio “STAR”	44
Ilustración 50. Montaje y visualización del botón de paro.....	44
Ilustración 51. Montaje y visualización de botones para etapas.....	44
Ilustración 52. Montaje, visualización de voltímetro/amperímetro Hz	45
Ilustración 53. Montaje y visualización del conector de 120 v	45
Ilustración 54. Visualización del conector para probar el alternador.....	46
Ilustración 55. Conexión de los contactores eléctricos con las resistencias y ventiladores.	46
Ilustración 56. Montaje y visualización de resistencias y ventiladores	47
Ilustración 57. Montaje y visualización del sensor de temperatura	47

Ilustración 58. Parte frontal del banco resistivo	48
Ilustración 59. Partes laterales del banco resistivo	48
Ilustración 60. Vista de las conexiones en el interior del banco de resistencia.....	49
Ilustración 61. Vista del montaje y conexión de las resistencias al interior del banco	49
Ilustración 62. Alimentación de 127v al banco resistivo.....	50
Ilustración 63. Banco encendido prueba de funcionamiento de etapas escalonadas	51
Ilustración 64. Conexión de banco resistivo con alternador.....	51
Ilustración 65. Prueba al vacío de la batería conectada al alternador	52
Ilustración 66. Conexión de terminales del alternador con banco resistivo y chasis.....	53
Ilustración 67. Carga inicial del banco a la batería del vehículo	53
Ilustración 68.3ra carga aplicada disminuyo a 12.9 v	54
Ilustración 69.4ta etapa de carga aplicada	54
Ilustración 70. Temperatura interna del banco resistivo	55
Ilustración 71.: Conexión del banco resistivo con generador de electricidad.....	56
Ilustración 72. Voltaje otorgado del generador de energía al banco	56
Ilustración 73. Frecuencia otorgada del generador al banco resistivo	57
Ilustración 74. Prueba al vacío otorgo una corriente de 0 amperes, por cada etapa iba aumentando gradualmente.....	57
Ilustración 75. Al ser sometida a la 3ra carga el banco otorga 9 amperes.	58
Ilustración 76. En la última carga se registró un amperaje de 11 amperes y un voltaje sumado de 112.3 V	58
Ilustración 77. Temperatura en el interior de banco resistivo.....	59

Índice de Tablas

Tabla 1. Valores de corriente, potencia y resistencia	35
Tabla 2. Simbología de componentes en AutoCAD	38

Capítulo I: Introducción

1.1 Planteamiento del problema

En las últimas décadas, la evolución de los sistemas automotrices ha incrementado la demanda eléctrica del vehículo, requiriendo así que el alternador entregue una adecuada potencia eléctrica y un voltaje estable hacia la batería, componentes eléctricos y electrónicos. Como realice mis prácticas profesionales en la empresa FSIngenieria ubicada en San Antonio Tecuac, Ixtacuixtla, Tlaxcala que se dedica a la fabricación de equipos electrónicos como generadores, transformadores, tableros de distribución y equipos de prueba tiene dentro de sus competencias el diseño y construcción de sistemas destinados a la verificación y validación de parámetros eléctricos. Por esta razón, se optó por la construcción de un banco resistivo que permita verificar la potencia eléctrica y voltaje que entrega el alternador, al igual simular de manera controlada las distintas cargas eléctricas del sistema para poder dar una valoración de la vida útil.

Buscando investigaciones que validen la necesidad del proyecto, se encontró la que realizó Prado, D. C., Wilches, R. C., & De San Buenaventura 2006, la cual indica que para garantizar el correcto funcionamiento de un sistema de energía interrumpido (UPS), es necesario realizar pruebas de verificación, estas pruebas son las que determinan cual es la capacidad del sistema para soportar la carga en un periodo específico, depende mucho del banco de baterías y a su vez de la máxima potencia que puede suplir, logrando condiciones específicas de operación como el voltaje y la frecuencia de salida. Esto nos demuestra que es muy importante la correcta ventilación, ya que de ahí depende la capacidad que tenga el banco resistivo de soportar voltajes, corrientes o incluso temperaturas.

García, P. E. R., Zabaleta, J., Parra, N. E. V., & De la Fundación I. E. D 2013, presenta un proyecto el cual inicia describiendo conceptos fundamentales dentro de la electrónica de potencia

y los bancos de carga que existen en el mercado. Posteriormente, realiza el diseño de un banco de carga resistivo donde se basa en investigaciones previas, donde finalmente se implementa y se resaltan los resultados, conclusiones, y mejoras al proyecto. Este trabajo ofrece algo útil para la industria de sistemas de potencia y material de investigación en calidad de energía. Lo que nos ayuda para saber más acerca de elementos que podemos utilizar para el banco resistivo por parte del sistema de control y protección eléctrica

La investigación de Ayala Quintero, A. S. 2016, nos muestra el diseño y construcción de un banco de pruebas que es utilizado para el desarrollo experimental en el estudio de circuitos eléctricos, que opera tanto en corriente alterna como en continua. Este banco de pruebas está configurado con elementos pasivos y activos, lo implementa un osciloscopio para poder analizar ondas sinusoidales. Describe la elaboración de prácticas que sirven como guías académicas para proporcionar datos reales de cada circuito, logrando así una disminución significativa del uso de software. Fue de ayuda para realizar los cálculos del circuito, resistencia y potencia a la que sería elaborada el banco resistivo.

La problemática surge de la necesidad de contar con un equipo que funcione como un sistema de pruebas y permita evaluar el desempeño del alternador bajo condiciones de carga controladas, no solo eso si no igual pueda tener una aplicación en equipos industriales como lo son generadores de energía. Este sistema hace posible la identificación de inestabilidades de voltaje en operación bajo carga, la potencia eléctrica suministrada y eficiencia de funcionamiento, con ello encontrar posibles soluciones para garantizar el cumplimiento de los estándares técnicos del sistema eléctrico automotriz e industrial.

1.2 Revisión del Estado de la Técnica

En este apartado, se presenta la evolución del banco resistivo que fue desarrollado como un sistema de prueba en alternadores, haciendo evidente como estos desarrollos han pasado de prototipos básicos de aplicación de carga a sistemas más completos y sofisticados de control y diagnóstico. Con relación al tema expuesto se tiene la patente de Snap-on Tools Company 2001, la cual describe un aparato para prueba de alternadores automotrices mediante aplicación de cargas controladas. Lo integra componentes de instrumentación para la medición de variables eléctricas, se enfoca en verificar la capacidad de entrega de corriente y el correcto funcionamiento del alternador.

Mas tarde, se da auge a la evolución tecnológica, en ella destaca la patente de Thibedeau et al. 2003, la cual aplica un método y sistema que funciona mediante la aplicación temporizada de carga eléctrica para la prueba de alternadores. Es un enfoque que permite someter al alternador a niveles de exigencia durante intervalos controlados, logrando así la fácil evaluación de su respuesta de estabilidad bajo carga. A diferencia de propuestas anteriores, se puede ver en esta patente que incorpora una mayor precisión en la gestión de carga aplicada, generando así una simulación más precisa a lo deseado. En la patente de Chinnadurai y Miller 2014, se propone un sistema de prueba de alternadores y motores de arranque con un control activo de la carga, al igual con elementos capacitivos y mecanismos de detección de deslizamiento de banda. Presenta un avance significativo, ya que al poder combinar bancos de carga con electrónica de control logra una evaluación más completa del desempeño del alternador bajo condiciones de carga. Cuenta con un enfoque principal al diagnóstico del sistema y detección de fallas mecánicas y eléctricas, pero no profundiza en el desarrollo del banco resistivo para la simulación continua de niveles de carga.

Estas patentes hacen evidente los avances progresivos en los sistemas de prueba de alternadores, enfocada en la aplicación controlada de carga y en la medición de variables. Sin embargo, en ninguna de ellas se integra completamente un banco resistivo capaz de simular cargas reales de operación. Esta limitación hace evidente la necesidad de desarrollar un banco resistivo que permita evaluar de forma integral el desempeño del alternador para poder validar estrategias de mejora al mismo o incluso a componentes del sistema de alimentación para que se otorgue el voltaje correcto al vehículo.

1.3 Justificación

Este proyecto se justifica debido a que en la actualidad la exigencia de la demanda eléctrica que ocupa un vehículo es mayor, como el alternador es el encargado de recargar la batería y suministrar el voltaje a algunos componentes eléctricos y electrónicos es necesario que funcione en óptimas condiciones. Con ello nace la necesidad de contar con un equipo que permita realizar pruebas y validaciones del desempeño del alternador bajo condiciones de carga controladas, permitiendo someter al mismo a diferentes niveles de exigencia al que normalmente se le aplican en el vehículo.

Con ello se llevó a cabo la construcción de un banco resistivo que permita solucionar la problemática planteada y a su vez pueda dar un diagnóstico más claro para posibles cambios o mejoras aplicables tanto al alternador como a generadores de energía. Tendrá un impacto social significativo ya que será un equipo de prueba, que agilizará el diagnóstico y detección de fallas de alimentación por parte del alternador o de la batería. Al igual tendrá beneficios en costos, ya que anteriormente se desarmaban otros componentes pensando que ahí estaba el error sin imaginar, que solo el alternador no entregaba el voltaje adecuado, con ayuda del banco se realizará el diagnóstico y comprobación logrando la disminución de tiempo y costos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar y construir un banco resistivo capaz de simular diferentes condiciones de demanda eléctrica suministradas por el alternador, al igual en el ámbito industrial como en generadores de energía.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un banco resistivo para simular condiciones reales de carga desde un alternador hasta generadores de energía en entornos industriales.
- Simular el comportamiento térmico y eléctrico del banco resistivo, alternador y generadores de energía sometidos a distintos niveles de carga.
- Implementar el sistema de control, eléctrico y ventilación forzada adecuadas para un monitoreo y operación segura.
- Hacer el prototipo del banco resistivo integrando todos los componentes para su correcto funcionamiento.
- Probar el desempeño del banco resistivo para validar el funcionamiento y cumplimiento tanto del alternador como del generador de energía.

Capítulo II: Marco Teórico

En esta parte se abordan principios teóricos que ayudaran a entender mejor la parte de funcionamiento de banco resistivo, así como los equipos a los que se les realizara la pruebas, logrando así un panorama más amplio sobre la finalidad del proyecto.

2.1. Descripción del funcionamiento y sistema del alternador.

En este apartado se presenta una breve descripción de componentes eléctricos automotrices que en este caso es el alternador, se analiza la generación de voltaje y corriente en función de la velocidad y la carga aplicada, diagramas de funcionamiento, cuáles son las terminales de conexión con la batería y motor de arranque. Además, se describen algunas fallas que ocurren cuando el alternador otorga un nivel bajo de voltaje.

2.1.1. Principio de funcionamiento del alternador.

Un alternador es un componente eléctrico en los vehículos, es el encargado de generar electricidad que requieren los componentes del auto para su funcionamiento cuando el motor este encendido y a su vez mantener cargada la batería. Cuando el motor se encuentra apagado la batería proporcionar energía química, otorgando la corriente necesaria para que el vehículo encienda (FORD, 2023), ver en la siguiente ilustración 1.



Ilustración 1. Alternador automotriz

https://www.ford.mx/content/ford/mx/es_mx/home/blog/experto/para-que-sirve-alternador-enero2023/jcr:content/par/image/image.imgs.full.high.jpg/1676395128074.jpg

Su principio de funcionamiento comienza desde que recibe el movimiento mecánico del motor del vehículo, a través de un sistema de polea y banda, las cuales empiezan a moverse cuando el motor se encuentra encendido. Se realiza un movimiento de rotación el cual permite la generación de energía eléctrica en forma de corriente alterna, otorgando una variación periódica de su sentido de circulación (FORD, 2023) ver en la siguiente ilustración 2.

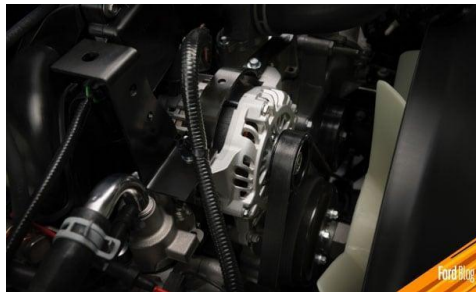


Ilustración 2. Visualización del alternador en un vehículo

https://www.ford.mx/content/ford/mx/es_mx/home/blog/experto/para-que-sirvealternador-enero2023/jcr:content/par/common_box_699144750/generalParsys/splitter/splitter1/image/image.imgs.full.high.jpg/1676395120481.jpg

Es conducida la corriente alterna hacia el rectificador del alternado, el cual se encarga de transformarla en corriente directa, logrando así que circule hacia un solo sentido adecuada para alimentar los sistemas eléctricos y electrónicos del vehículo, como lo son el sistema de iluminación, accesorios eléctricos, limpiaparabrisas, ventanas eléctricas y sistemas de Infoentretenimiento.

Esta construido de varias partes, como lo son:

- Polea: es el elemento mecánico acoplado al eje del alternador, encargado de transmitir el movimiento de rotación desde el cigüeñal del motor del vehículo mediante la banda.

- Soporte delantero y trasero: está conformado por las carcasas que alinean y sostienen los componentes internos del alternador, al igual de que ahí se acoplan los rodamientos del eje.
- Eje del alternador: componente encargado de transmitir el movimiento mecánico desde la polea hasta el rotor, igual conocido como eje central.
- Rotor: es un componente giratorio que genera el campo magnético necesario para producir energía eléctrica.
- Anillos rozantes: conductores montados sobre el eje del rotor, permite el suministro de corriente al rotor.
- Escobillas: elementos que transfieren a través del contacto corriente eléctrica hacia los anillos rozantes mientras gira el rotor.
- Regulador: como su nombre lo dice es el encargado de controlar y regular la corriente otorgada del rotor, logrando así mantener el voltaje de salida del alternador.
- Rectificador: encargado de convertir la corriente alterna generada en el estator a corriente directa.
- Estator: componente donde se produce la corriente alterna mediante la interacción con el campo magnético del rotor.
- Bobinas: son conductores enrollados en el estator, encargado de la generación de energía eléctrica.
- Ventilador: encargado de enfriar el sistema interno del alternador, evitando el sobrecalentamiento.

Cada uno de estos componentes cumplen un trabajo específico logrando así poder convertir energía mecánica en energía eléctrica mediante la inducción electromagnética. Este conjunto garantiza un suministro eléctrico confiable para la batería y los sistemas eléctricos del vehículo (Rodesrecambios, 2021).

2.1.2. Terminales para las conexiones del alternador.

Cuenta con conexiones que ayuda a distinguir a que otro componente va conectado y tener una idea de cuáles pueden ser los valores que se otorgue de cada una de ellas, ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 3. Conexiones del alternador

https://www.electude.com/es/app/uploads/2024/12/Alternator_03_Alternator_Connections-1.png

- D-: Terminal de la conexión a masa del alternador.

En la ilustración se muestra cómo #1, la conexión a masa del alternador o mayormente conocido como a tierra, normalmente se conecta a la carcasa del propio dispositivo la cual esta fija al chasis del vehículo. Esta conexión garantiza el correcto funcionamiento del sistema de carga y del regulador de voltaje ya que ayuda a cerrar el circuito eléctrico. Una mala conexión a masa puede provocar caídas de voltaje, al igual de un funcionamiento irregular del alternador y fallas en el sistema eléctrico (Electude, 2026).

- B +: Terminal de la corriente de carga de la batería.

Corresponde a #2 en la ilustración, es el terminal principal de salida del alternador, su función es suministrar la corriente de carga hacia la batería y los demás consumidores eléctricos del vehículo. Se entrega en esta terminal la potencia generada por el alternador, en algunos casos se puede limitar la capacidad de carga de la batería si llega a existir alguna mala conexión (Electude, 2026).

- D +: Terminal del voltaje de control del rotor para ajustar el voltaje del alternador.

En la ilustración se muestra cómo #3, es la terminal que cumple la función de regular el voltaje que entrega el alternador, permite la preexcitación del rotor para poder empezar a generar energía, ya en operación ajusta la corriente de excitación del rotor con la finalidad de mantener una tensión de salida estable (Electude, 2026).

2.1.3. Diagrama de funcionamiento del alternador.

La etapa da inicio con la preexcitación del alternador, se genera un campo magnético necesario para iniciar la producción de tensión eléctrica todo esto gracias al suministro de corriente al devanado del rotor. Se activa este proceso al encender el vehículo y una vez alcanzado el nivel adecuado de voltaje, el alternador pueda continuar su operación de forma auto excitada, en la mayoría de los casos se notifica por medio de un indicador ubicado en el panel de instrumentos del vehículo (Electude, 2026), ver en la siguiente ilustración.

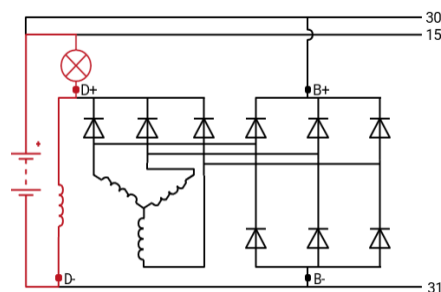


Ilustración 4. Preexcitación de un alternador

https://www.electude.com/es/app/uploads/2024/12/Alternator_04_Pre-Excitation_of_Alternator_Diagram-1.png

Teniendo ya el rotor del alternador excitado y en estado giratorio, se genera un voltaje de corriente alterna en las bobinas del estator gracias a la inducción, ver la siguiente ilustración.

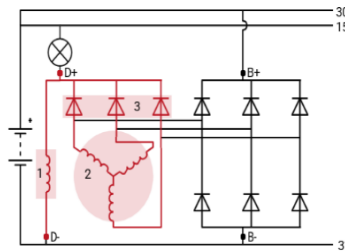


Ilustración 5. 1. Devanado del rotor. 2. Devanados del estator. 3. Diodos de campo.

https://www.electude.com/es/app/uploads/2024/12/Alternator_04_Voltage_Generation_Diagram.png

Lo compone diodos de campo, los cuales energizan el rotor ver en la ilustración (color rojo), su función de los diodos es poder convertir el voltaje alterno que otorga el estator a un voltaje continuo para el rotor, cabe recalcar que el rotor utiliza el voltaje continuo para crear un campo magnético (Electude, 2026).

Se pasa a la parte de rectificar en la cual solo el voltaje generado en el estator se convierte en CC utilizando un puente de diodos, igual conocido como un circuito rectificador, ver en la siguiente ilustración.

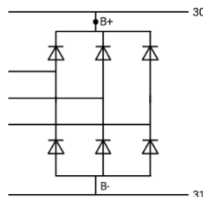


Ilustración 6. Circuito rectificador

https://www.electude.com/es/app/uploads/2024/12/Alternator_05_Rectifier_Circuit_Diagram-1-300x296.png

Se generan voltajes sinusoidales, lo que da como resultado un voltaje de rizado después de la rectificación, como se muestra en la siguiente ilustración.

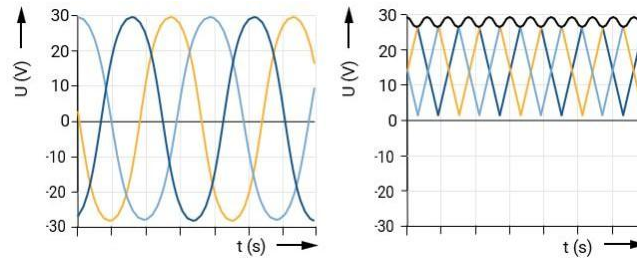


Ilustración 7. Después de rectificar el voltaje CA, se crea un voltaje de rizado (línea).

https://www.electude.com/es/app/uploads/2024/12/Alternator_06_Ripple_Voltage-1.png

Por último, se regula el voltaje de ondulación que se generó, se monitorea por el regulador de voltaje encargado de mantener la tensión de salida del alternador. Debe de haber un nivel de voltaje suficiente para alimentar de manera óptima las cargas eléctricas del vehículo y así lograr la correcta carga de la batería (Electude, 2026).

Del mismo modo, no debe de exceder de voltaje ya que eso igual puede provocar daños en los dispositivos eléctricos y electrónicos, al igual reducir la vida útil de la batería por lo que debe de haber una adecuada regulación de voltaje.

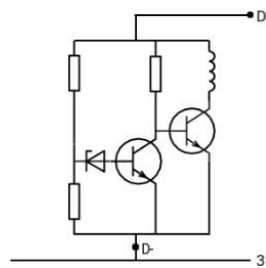


Ilustración 8. Circuito regulador de voltaje

https://www.electude.com/es/app/uploads/2024/12/Alternator_07_Circuit_Voltage_Regulator_Diagram-1.png

Todos los diagramas de las partes anteriores forman juntos el diagrama eléctrico del alternador, ver en la siguiente ilustración:

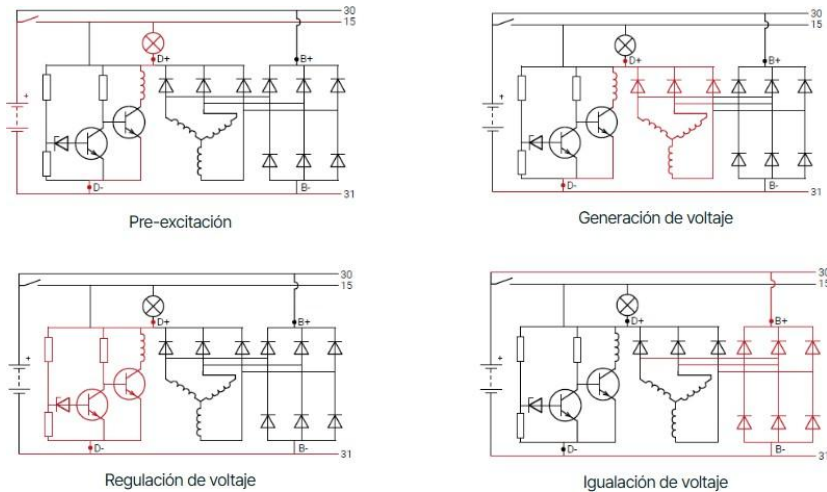


Ilustración 9. Diagrama eléctrico del alternador

https://www.electude.com/es/app/uploads/2024/12/Alternator_10_Pre-Excitation-1.png

2.1.4. Especificaciones del alternador bajo carga eléctrica

El correcto funcionamiento del sistema eléctrico y el de la carga de la batería para ser considerado un valor adecuado el alternador debe tener una tensión de salida entre 13.8 a 14.2 V. En la actualidad en algunos alternadores este valor no es constante, debido a que la tensión de salida la puede regular la unidad de control electrónico ECU dependiendo de la demanda eléctrica del sistema y las condiciones de operación del vehículo (Delphi, 2023).

Mediante la medición de su tensión de salida bajo diferentes condiciones de operación se puede realizar la detección de fallas de un alternador, una prueba que se puede realizar es aplicar cambios de velocidad del motor, si el voltaje tiene una variación de forma significativa indica que es deficiente el sistema de regulación. Se podrá lograr con el banco resistivo conectar cargas eléctricas de alto consumo y exigir al alternador su máxima capacidad, ahí se podrá evaluar si se

mantiene una tensión cerca a los 14V, indicando así si existe un correcto desempeño y estabilidad del sistema (Delphi, 2023).

Por otra parte, el rotor es uno de los principales componentes que presenta daños, ocasionando que el alternador no funcione en óptimas condiciones, puede presentar fallas debido al desgaste de los anillos rozantes, bobinas abiertas o la presencia de cortos circuitos internos. Esto impide la generación de un campo magnético adecuado, teniendo como consecuencia una entrega de carga baja, inestable o en ocasiones inexistente cuando el motor es sometido a revoluciones mayores. Al igual existen síntomas visibles, entre los más comunes se encuentra el parpadeo de las luces, caídas de voltaje al activar algún componente eléctrico o el registro de una falla del sistema de carga por parte de la computadora, este último indicado en el panel de instrumentos (Auto avance, 2025).

2.2 Principio de funcionamiento y diseño del banco resistivo.

En esta parte se abordarán temas relacionados con el funcionamiento del banco resistivo, tocando principios teóricos que explican su función, cuando es utilizado como un sistema de carga eléctrica. Se da una breve explicación sobre cómo fue aplicada la ley de Joule en la disipación térmica mediante ventilación forzada, además como es que se logra hacer un diseño de un sistema de distribución de carga en etapas escalonadas.

2.2.1. Principio de funcionamiento de un banco resistivo.

El banco resistivo está construido de elementos que absorben energía eléctrica dentro de un sistema, teniendo comportamientos como una carga totalmente resistiva aplicando la ley de Ohm. Se puede decir que es un dispositivo diseñado para aplicar una carga controlada sobre un generador

de energía, logrando así evaluar el desempeño bajo condiciones de trabajo de cualquier generador (Mdresistor, s.f.), ver en la siguiente ilustración.

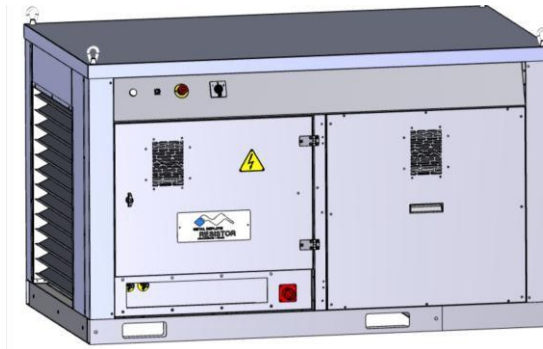


Ilustración 10. Banco resistivo

<https://www.mdresistor.com/wp-content/uploads/2021/11/banc-charge-resisitf-min-800x580.png>

Su principio de funcionamiento se basa en aplicar una carga eléctrica de manera controlada al generador de energía, para así poder disipar la potencia absorbida en forma de calor, esto con ayuda de elementos resistivos. Por la parte de evitar sobrecalentamientos, el sistema incorpora ventilación forzada, con la cual se tendrá una rápida disipación térmica de las resistencias. Con el uso del banco resistivo se logra crear una de las formas más eficientes para reproducir y evaluar las condiciones reales de operación de un sistema eléctrico, dando como resultado la garantía del correcto funcionamiento y la confiabilidad de los equipos de generación de energía (Mdresistor, s.f.).

2.2.2. Dimensionamiento del sistema de protección eléctrica (fusibles, disyuntores, contactores).

Un componente principal del banco resistivo es el disyuntor el cual cumple la función de un interruptor, es necesario en el sistema de protección eléctrica ya que permite proteger las personas de tener contacto directos e indirectos con la electricidad. Estos dispositivos cuando detectan una alta carga de tensión y por ende ocurre una fuga de corriente, este interruptor corta el

suministro de electricidad de manera automática, logrando así la protección del personal que lo manipula (LEDMORÓN, s.f.), ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 11. Interruptor diferencial

<https://elesanblog.wordpress.com/2016/02/15/por-que-salta-el-diferencial-2/>

Por lo regular estos interruptores siempre tiene un pulsador el cual sirve para comprobar el correcto funcionamiento del aparato, en esta ocasión es el botón de color amarillo, si se llega a pulsar el botón y el diferencial se dispara significa que funciona correctamente, en caso contrario debe remplazarse (elesanblog, 2016), ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 12. Diagrama de conexión del interruptor diferencial

<https://www.mercadolibre.com.ar/disuntor-diferenc-bipolar-superinmunizado-40a-30ma-moeller/up/MLAU3344488745>

Así mismo, la utilización de interruptores termomagnéticos que cumple con la tarea de tener los cables y todos los elementos eléctricos conectados dentro del sistema y a su vez proteger el circuito eléctrico de cualquier cortocircuito que llegara a suceder, ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 13. Interruptor termomagnético

<https://www.amazon.com.mx/Eaton-278734-Disyuntor-16A-B-Char/dp/B002QHMQC0>

Así mismo, este interruptor combina dos elementos (calor y magnetismo) para cuando se detecten valores de tensión superiores a ciertos parámetros, este interrumpe la corriente eléctrica. Las repentinas subidas de energía pueden ser causadas por la caída de un rayo durante una tormenta o hasta un mal servicio del proveedor de energía eléctrica, (sdindustrial, 2022). Cuando existe una sobre carga el disyuntor calienta el bimetálico lo suficiente para doblarlo, al hacer esto toca y gira la barra de disparo para abrir el circuito, (Roker, 2025).

También se requiere un dispositivo que tenga la capacidad de controlar la apertura y cierre de circuitos a través de la conexión y desconexión mediante una señal externa, en este caso se trata de un contactor eléctrico, cuenta con dos posiciones de funcionamiento el cual es estable o de reposo e inestable. Cuando está en modo estable se tiene como referencia que no recibe señal de acción para ejecutar el circuito y en modo inestable actúa para permitir el flujo de corriente, (sdindustrial, 2022), ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 14. Contactor eléctrico

<https://www.mercadolibre.com.mx/new-square-d-8501pr120e-relay-110120v-coil-vvz/up/MLMU925307916>

2.2.3. Aplicación de la Ley de Joule en la disipación de potencia eléctrica.

Al implementar resistencias se necesita saber que es la ley de Joule y como va de la mano con el proyecto. Es la manifestación térmica de la resistencia eléctrica, en este caso la energía cinética de los electrones se convierte en energía térmica, logrando calentar el material por el que está circulando (Copyring, 2019).

Para calcular la energía o calor desprendido en julios, se tiene la siguiente formula

$$Q = I^2 \times R \times t$$

Donde:

Q: energía o calor desprendido.

I: intensidad de la corriente.

R: resistencia eléctrica del conducto.

T: tiempo transcurrido.

De ahí aparece los sistemas de convección, los cuales se basan en el calentamiento del aire de un lugar o estancia. El aire estará cambiando de densidades, cuando este se caliente tiende a ascender logrando con eso que descienda el aire más frío el cual se calentará al momento de descender y así se logrará crear el ciclo que conlleva a una climatización de la estancia (Dessault Systemes, 2022).

Para facilitar la transferencia de energía en forma de calor se utilizaron resistencias tubulares aletadas. Tiene un uso típico para el calentamiento de aire en sistemas denominados de convección forzada, (CEIV, s.f.). Su forma tan peculiar de la resistencia en “U” ofrece una capacidad de soportar altas temperaturas, su principio de funcionamiento es que cuando pasa la corriente eléctrica por un conductor de alta resistencia interna, se genera calor esto a su vez hace que la energía térmica se transfiera al contorno que rodea el tubo, en este caso aire mediante conducción y convección, (CIMAX, s.f.), ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 15. Resistencia de inmersión tubular aletada

<https://ceiv.com.mx/wp-content/uploads/2020/09/resistencia-tubular-aletada-tipo-u-300x300.jpg>

Las aletas son una parte extra que se le incorporan a las resistencias con la intención de facilitar la transferencia de calor y ampliar el área de calentamiento, como resultado se tiene que es un dispositivo que otorga un rendimiento térmico óptimo, soporta temperaturas elevadas y condiciones ambientales exigentes (CIMAX, s.f.), ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 16. Aletas para transferencia de energía

<https://ceiv.com.mx/wp-content/uploads/2020/09/aletas-de-transferencia.jpg>

Para cubrir la parte de ventilación forzada se utilizaron ventiladores, los cuales cumplen con la función de mover el aire, sus principales características son que logran resistir altas presiones, temperaturas y condiciones severas, (S & P, 2016). A su vez igual se integra un extractor de aire el cual nos ayudara en la aspiración del aire contaminado, en este caso caliente del interior de un gabinete cerrado, (S & P, 2018), ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 17. Ventilador extractor industrial.

<https://share.google/images/Hzkalpro1aUjXa0oU>

2.2.5. Diseño del sistema de distribución de carga de etapas escalonadas

Algo muy importante que se debe de tomar en cuenta es que los bancos resistivos nunca deben funcionar por encima de su máxima tensión nominal, pero eso no quita que se puedan realizar pruebas en tensiones más bajas. Con ello la cantidad máxima de carga que una unidad puede aplicar se verá afectada, de acuerdo con la siguiente fórmula donde dice que:

$$[(Tensión\ aplicada^2)(Tensión\ nominal^2)] \times Capacidad\ nominal$$

Se puede aplicar cantidades discretas de carga de forma escalonada en la mayoría de los bancos, cualquiera de los escalones de carga requiere el mismo factor de reducción de potencia utilizado para tener la capacidad total, (Avtron Power Solutions, s.f.). Para garantizar un funcionamiento óptimo y seguro, se activan paradas automáticas en dado caso de fallo del motor del ventilador, descargas repentinas de carga y sobrecalentamiento. Sin embargo, en algunos modelos de banco resistivos de carga, cuenta con interruptores de seguridad cada uno con un circuito independiente con su propio fusible (TRYSTAR, 2022) , ver en la siguiente ilustración.

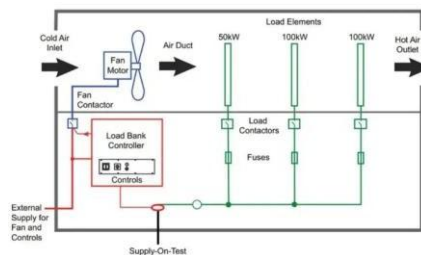


Ilustración 18. Diagrama de etapas escalonadas

<https://i0.wp.com/avtronpower.com/wp-content/uploads/2022/11/lb-internal-outline-926x530-1.webp?resize=768%2C440&ssl=1>

Con esto el operador puede encender y apagar la alimentación principal, lograr arrancar o detener de igual forma el motor del ventilador y aplicar cargas escalonadas. Al igual los indicadores de los sensores estarán en el panel de control, y a su vez también mostrara los dispositivos de monitoreo conectados al circuito de control, (TRYSTAR, 2022).

2.3 Principio de funcionamiento de un rotor en el alternador

En esta sección se abordarán temas como lo son las estrategias para mantener una tensión constante bajo carga, poder analizar el funcionamiento del rotor en el alternador, qué papel juega

en la generación del campo magnético. Por último, la importancia de realizar pruebas controladas que ayuden a garantizar un suministro eléctrico confiable.

2.3.1. Principio de funcionamiento del rotor

Todo comienza desde la incorporación de una bobina que al ser alimentada con corriente se excita, da como resultado una rotación impulsada mecánicamente lo que a su vez genera un campo magnético variable. Es necesario para la producción de energía eléctrica dicho campo magnético, el rectificador se encarga de convertir la corriente alterna que se genera en corriente continua, logrando así un sistema de señal estable para el correcto funcionamiento del alternador, (Excavatorstartermotor, 2022), ver en la siguiente ilustración.

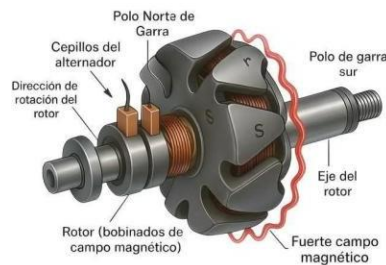


Ilustración 19. Componentes internos del rotor

https://scontent.fpb4-1.fna.fbcdn.net/v/t39.30808-6/511263611_9803084359814134_1023429101193694306_n.jpg?_nc_cat=111&ccb=1-7&_nc_sid=833d8c&_nc_ohc=

Para probar el correcto funcionamiento del rotor, se mide la resistencia del bobinado con ayuda de un multímetro, este debe marcar un rango entre 2.5 y 4.5 ohm para 14 V que debe entregar el alternador, como se muestra en la siguiente ilustración.



Ilustración 20. Medición de la resistencia del embobinado

<https://gauss.com.br/uploads/2024/08/05/FryyJYBpgM71GXeqReLxe6EkE3DkUI8iiMTsx7W5.png>

Al igual se puede realizar una prueba de aislamiento donde se verifica que no exista corto circuito entre el bobinado y el marco de acero, para esto solo se coloca el multímetro en continuidad una punta va colocada a cualquiera de las terminales de salida del alternador (donde se encuentran los diodos), y por ende la otra punta se coloca en el marco de acero si no se genera algún sonido ni lectura, indica un correcto aislamiento, ver en la siguiente ilustración.

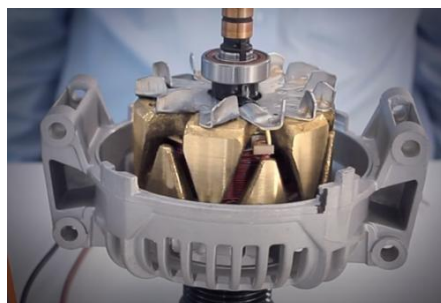


Ilustración 21. Bobinado y marco de acero del rotor

<https://gauss.com.br/uploads/2024/08/05/m734aXsNlKKo5zMbh559x17XCPeOB9pLZGqKZFbL.png>

2.3.2. Estrategias para la estabilidad del voltaje de salida

Esta parte se centra en poder mantener una tensión de salida constante del alternador aun cuando se está consumiendo demanda eléctrica y esta varia. Se logra ajustar la corriente de excitación en función a las condiciones de carga, mediante el control del campo del rotor, (Navarrete, s.f.).

Cuando la carga aumenta el voltaje empieza a disminuir, esto ocasiona que el regulador incremente la excitación del rotor para poder cubrir la demanda eléctrica que requiere el sistema, en caso contrario, cuando la carga disminuye el voltaje aumenta y por ende el regulador hace que la excitación se reduzca, ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 22. Voltaje bajo en la batería.

<https://marvel-b1-cdn.bc0a.com/f00000000270544/s19539.pcdn.co/wp-content/uploads/2017/03/voltage-drop-check.jpg>

Al tener la batería cargada, hace funcionar el sistema de encendido el cual alimenta todas las luces y accesorios eléctricos del vehículo, la bomba de combustible e inyectores, esto somete al alternador una carga considerable, lo que ocasiona la generación de mucho calor interno. Al tener este problema puede ocasionar que se quemen los diodos en la parte trasera del alternador los cuales convierte la corriente alterna en corriente continua, problema visto especialmente en vehículos que están mucho tiempo en ralentí con altas cargas eléctrica, (Underhoodservice, 2017). Algo que igual puede dañar los devanados del rotor y del estator es el calor generado, al saber eso se puede dar el paso a realizar una inspección en estos componentes para saber si presentan algún problema.

2.3.3. Relación entre corriente de excitación y estabilidad del voltaje.

El principal trabajo de un regulador electrónico es medir la corriente de excitación para poder mantener el voltaje dentro de los límites deseados, esto logra compensar las variaciones de

carga y velocidad del motor, ayudando significativamente a tener estabilidad en el sistema eléctrico del generador o del vehículo, (DB Diesel Generator, 2025).

Cuando la corriente de excitación aumenta, el campo magnético se intensifica logrando así aumentar el voltaje de salida, lo contrario sucede cuando la excitación disminuye, el campo tiende a debilitarse y por consecuencia el voltaje de salida desciende, (Taller actual, 2025). para evitar sobrevoltajes el regulador reduce la corriente de excitación, ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 23. Regulador de voltaje de alternador

<https://resources.apymasa.com.mx/imagenes/FotosSpeed/3277000/32770003a.jpg>

2.3.4. Impacto del control del rotor en la reducción del rizado del voltaje.

Para mejorar la calidad del voltaje reduciendo el rizado cuando el alternador está bajo carga variable, se debe de tener el control de la corriente de excitación del rotor. Al registrar una excesiva tensión del rizado, indica que existe un problema en los diodos rectificadores del alternador o en el regulador de voltaje, al poder medirla ayudará a diagnosticar si se pueden presentar fallos en el sistema de carga del vehículo, (Monografias, s.f.), ver la siguiente ilustración.



Ilustración 24. Tensión del rizado.

https://scontent.fpb4-1.fna.fbcdn.net/v/t39.30808-6/486618237_1053894306770212_

La tensión del rizado es la medida de la variación en el voltaje de salida del alternador, cuando ocurre la conversión de corriente alterna a corriente continua. En este punto, el regulador de voltaje se adapta a la excitación en función de las variaciones de tensión inducidas, esto ayuda a estabilizar la forma de onda después de pasar por la rectificación y así poder minimizar las variaciones presentes en la señal de salida, (Electude, 2024). Al lograr este ajuste se mantiene una tensión uniforme y evita que al tener variaciones de carga o velocidad del rotor afecte de forma negativa los sistemas eléctricos conectados, y a su vez protege los componentes sensibles, al igual de mejorar el funcionamiento general del alternador, (Monografías, s.f.).

2.4. Ergonomía y accesibilidad para mantenimiento del banco resistivo

Cuando se habla de ergonomía accesibles, se refiere a poder diseñar espacios y herramientas que puedan cubrir distintas necesidades, promoviendo un entorno laboral inclusivo y equitativo, previniendo lesiones y a su vez lograr aumentar el confort y mejora del desempeño (Incluyeme.com, 2025). El tener bancos resistivos ergonómicos ayuda a poder adaptarse a las necesidades específicas de los operadores y a las tareas que lleguen a realizar. Parte desde incluir la una altura ajustable para permitir que trabajen cómodamente de pie o incluso sentados, lo que

evita la fatiga y la tensión muscular. Además, los bancos resistivos suelen tener bordes redondeados y superficies lisas para poder evitar el riesgo de tener lesiones por contacto con bordes afilados o superficies robustas, como se muestra en la siguiente ilustración.



Ilustración 25. Ejemplo de tener un buen manejo de ergonomía

<https://www.shutterstock.com/es/image-photo/man-electrical-technician-working-switchboard-fuses-2215131097>

Así mismo el tener una accesibilidad para dar mantenimiento aportan varias ventajas que garantizan la eficiencia operativa, la seguridad y el cumplimiento correcto de su funcionamiento. El realizar mantenimiento preventivo es clave para poder reducir costos de sustitución de piezas, componentes que se dañan debido a la carga inadecuada y así poder mejorar la calidad general de la energía de los sistemas eléctricos, (AVTRON POWER SOLUCIONES, 2019). La dotación de personal de mantenimiento es muy escasa para la cantidad de tareas, por lo cual el tener puntos de difícil acceso hace que se queden sin mantenimiento, ya que se ocuparía demasiado tiempo en poder hacerlo y con ello atrasaría las demás tareas, (Linkedin Corporation, 2025).

Capítulo III: Metodología

En este apartado se aplicará una metodología la cual comienza desde la identificación de los requerimientos técnicos hasta la implementación y validación del proyecto, permitirá validar el funcionamiento del banco resistivo como herramienta de medición de variables desde un alternador que trabaja con corriente continua hasta equipos industriales como lo son generadores de energía donde se justifica el por qué se diseñó un banco resistivo de 12 KW. La aplicación de la metodología permitirá la selección de componentes, la evaluación del desempeño del banco resistivo bajo niveles de carga aplicables.

3.1 Diseño de especificaciones

En esta primera parte se definirán las especificaciones de elementos y componentes para la fabricación del banco resistivo.

3.1.1. Requerimientos eléctricos y térmicos del banco resistivo

Para la parte del sistema de control se utilizará un interruptor diferencial residual que nos otorgue la protección frente a fugas de corriente tanto en corriente alterna CA como en corriente continua CC. Este dispositivo opera con una tensión nominal de 230 V de corriente alterna a una frecuencia de 60 Hz, ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 26. Interruptor diferencial

<https://elesanblog.wordpress.com/2016/02/15/por-que-salta-el-diferencial-2/>

Se requiere de una protección contra sobrecargas y cortocircuitos en circuitos eléctricos por eso se integrará un interruptor automático que trabaja con una tensión nominal de 230 V de corriente alterna y 220 V de corriente directa, es muy importante saber que es de tipo C lo que quiere decir que está configurado con una curva de disparo ideal para un equilibrio entre protección y tolerancia de picos de corriente. Tiene una corriente nominal de 1 A y una capacidad de ruptura de hasta 10kA ideal para garantizar una segura y rápida respuesta ante fallas en instalaciones residenciales, comerciales e industriales ligeras, ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 27. Interruptor automático Siemens

https://www.electricalautomationnetwork.com/551645-large_default/5sy5101-7-5sy51017-siemens-int-automatico-de-linea-c-univers-dc-220v-ac-230-400v-10ka-1polo-c-01a-p70m.jpg

Los disyuntores magnetotérmicos esenciales igual para la protección y especialmente diseñados para aplicaciones en sistemas de distribución y control de baja tensión, cuenta con una corriente nominal de 2 A y trabaja bajo una tensión de 240 V de corriente directa lo que lo hace adecuado para circuitos de cargas sensibles y de baja potencia, evitando incendios y daños en los demás componentes, ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 28. Disyuntor magnetotérmico

<https://i.ebayimg.com/images/g/7U0AAOSwk5lkwnN8/s-l1600.webp>

La implementación de contactores magnéticos auxiliares, los cuales son adaptados para añadir contactos adicionales normalmente abiertos (N.O) o normalmente cerrados (N.C) para el circuito de control. Realiza la tarea de enclavamiento, retención y señalización, estos contactores auxiliares no cumplen funciones para proteger el circuito de sobrecargas, ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 29. Contactor eléctrico

<https://www.mercadolibre.com.mx/new-square-d-8501pr120e-relay-110120v-coil-vvz/up/MLMU925307916>

Por la parte térmica y para proporcionar un calentamiento eficiente y controlado en el banco resistivo, se utilizaron resistencias tubulares, ya que son elementos de calefacción eléctrica muy comunes. Su forma en “U” permite concentrar la potencia calorífica en el área específica, serán configuradas en un arreglo de cinco elementos conectados en paralelo para cumplir con la potencia total requerida de 12 KW ver en la siguiente ilustración.

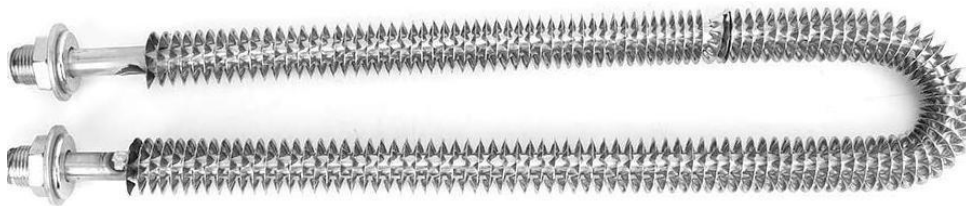


Ilustración 30. Resistencia de inmersión tubular aletada

<https://ceiv.com.mx/wp-content/uploads/2020/09/resistencia-tubular-aletada-tipo-u-300x300.jpg>

Como el gabinete de resistencias tendrá altas temperaturas se optó por la incorporación de ventiladores axiales, los cuales funcionan con corriente alterna y están diseñados para operar de manera continua en entornos industriales, garantizando un flujo adecuado de aire y una disipación térmica estable. Su construcción robusta incorpora un marco de aluminio lo que ofrece una rigidez estructural y resistencia para la corrosión buena, logrando así un óptimo equilibrio en durabilidad y reducción de vibraciones, ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 31. Ventilador extractor industrial

<https://share.google/images/Hzkalpro1aUjXa0oU>

3.1.2. Componentes del sistema de control y monitoreo.

Por parte del monitoreo y control del banco resistivo se utilizará un interruptor basculante iluminado, normalmente utilizado para controlar el flujo de electricidad en el circuito.

La implementación de interruptores basculante de color verde y rojo, utilizados como actuadores eléctricos on – off con mecanismos de enclavamiento, opera con una tensión nominal de 250 V de corriente alterna, de gran uso para circuitos de mando y señalización. Su arquitectura interna incorpora cuatro terminales, las cuales permiten en dos terminales la conexión con el circuito de conmutación y las otras con el circuito indicado luminoso, generalmente es un LED o una lampara, ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 32. Interruptor basculante SPST

<https://www.partstown.com.mx/rotisol/rtsintv2?srsltid=AfmBOoprzz1uve38rhfWphEWjJPnJtQX2YQC2SHeQHsYduW4STkoHpWUEd4#sirv-viewer-593364306819>

Se añadió una pantalla HMI al panel de control, con la cual facilita la supervisión y operación del sistema mediante una interfaz directa y sencilla. Permite visualizar parámetros operativos esenciales como voltaje, corriente, potencia, frecuencia, estado de carga y alguna alerta que llegue a mandar el banco resistivo, aproximadamente tiene de 3.5 a 4 pulgadas y una pantalla monocromática que indica una visualización únicamente en blanco y negro, ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 33. Pantalla HMI

https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_2X_982815-MLV51714390129_092022-F.webp

Para monitorear dicha pantalla, se observa que está compuesta de cuatro botones, dos son flechas laterales que sirven para la navegación entre menús, otro es un botón MENU para el acceso a configuraciones internas y una flecha adicional la cual es utilizada para la confirmación o avance

de opciones seleccionadas, para la conexión correcta se utilizó el diagrama de conexiones también conocido como Datasheet de la pantalla, ver en la siguiente ilustración.

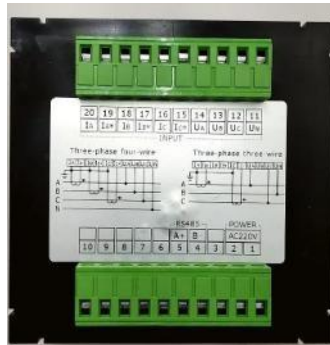


Ilustración 34. Datasheet de la pantalla HMI

https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_2X_691099-MLV51714262743_092022-F.webp

Por parte de la seguridad, se implementó un botón de paro de emergencia cuyo diseño y funcionamiento es indispensable para garantizar una detención inmediata de la operación ante cualquier condición peligrosa. Su principio de operación consiste en el accionamiento de un enclavamiento, lo que quiere decir que cuando un usuario lo presiona el botón queda bloqueado y esto provoca la interrupción total del circuito, evitando daños al personal o incluso al equipo. Para poder restablecer el funcionamiento es necesario realizar un inicio manual mediante el giro, volviendo a su estado original el botón, ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 35. Visualización de botón de paro de emergencia

<https://share.google/images/cYK8UBEmmRHH1q3rK>

3.2 Diseño detallado

En esta parte se procedió a detallar más el diseño del banco resistivo desde realizar los cálculos correspondientes a la potencia total, distribución de cargas que tendrá cada una, al igual poder realizar simulaciones en diferentes softwares para ver el comportamiento de las resistencias sometidas a temperaturas elevadas, mostrar el análisis de elementos finitos, al igual la simulación de la conexión en paralelo de las resistencias.

3.2.1. Cálculo de potencia total y distribución de carga por fases.

Para garantizar que el banco resistivo entregue los 12 KW de potencia se realizaron los cálculos de potencia total, al igual la correcta distribución de la carga según el tipo de sistema eléctrico utilizado. Se tiene que la potencia total del banco es: $P_{total} = 12KW$.

Se distribuye uniformemente la potencia por etapas en:

$$P_{etapas} = \frac{P_{total}}{5} = \frac{12\,000\,W}{5} = 2.4\,KW$$

En este caso el cálculo se realizará con 230 V.

Se paso al cálculo de la corriente por etapa repartidas equitativamente.

$$I_{etapa} = \frac{P_{etapa}}{V_{etapa}} = \frac{2400\,W}{230\,V} = 10.435\,A \approx 10.44\,A$$

Al igual el cálculo de la resistencia necesaria por etapa para esa potencia (carga puramente resistiva).

$$R_{etapa} = \frac{V_{etapa}^2}{P_{etapa}} = \frac{230^2}{2400} = \frac{52\,900}{2400} = 22.04\,\Omega$$

Se redondea al valor comercial cercano que es 22 Ω , con ayuda de los valores obtenidos, se realizara la conexión de las resistencias en paralelo cada una conectadas a una etapa.

Tabla 1. Valores de corriente, potencia y resistencia

Creación propia

Etapa	Potencia $P_i(W)$	Corriente $I_i = P_i/V$ (A)	Resistencia $R_i = V^2/P_i$ (Ω)
1	2400 W	10.43 A	22.04 Ω
2	2400 W	10.43 A	22.04 Ω
3	2400 W	10.43 A	22.04 Ω
4	2400 W	10.43 A	22.04 Ω
5	2400 W	10.43 A	22.04 Ω

3.2.2. Diseño del diagrama eléctrico del banco resistivo en software AutoCAD

Se realizó un diagrama eléctrico en el software AutoCAD para poder facilitar la construcción física y el cableado preciso del circuito, además en caso de realizar un mantenimiento se proporciona el plano eléctrico al técnico para que pueda remplazar los componentes dañados con mayor facilidad, ver la siguiente ilustración.

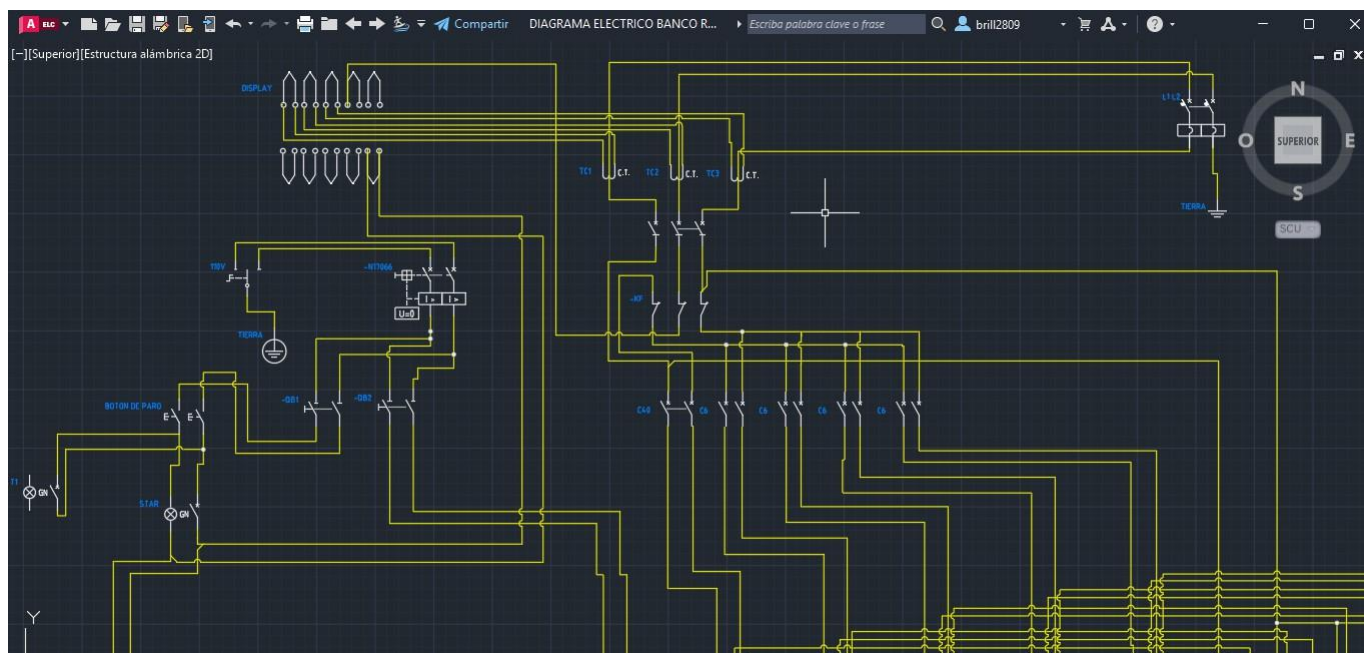


Ilustración 36. Parte 1 de diagrama del circuito de control

Creación propia

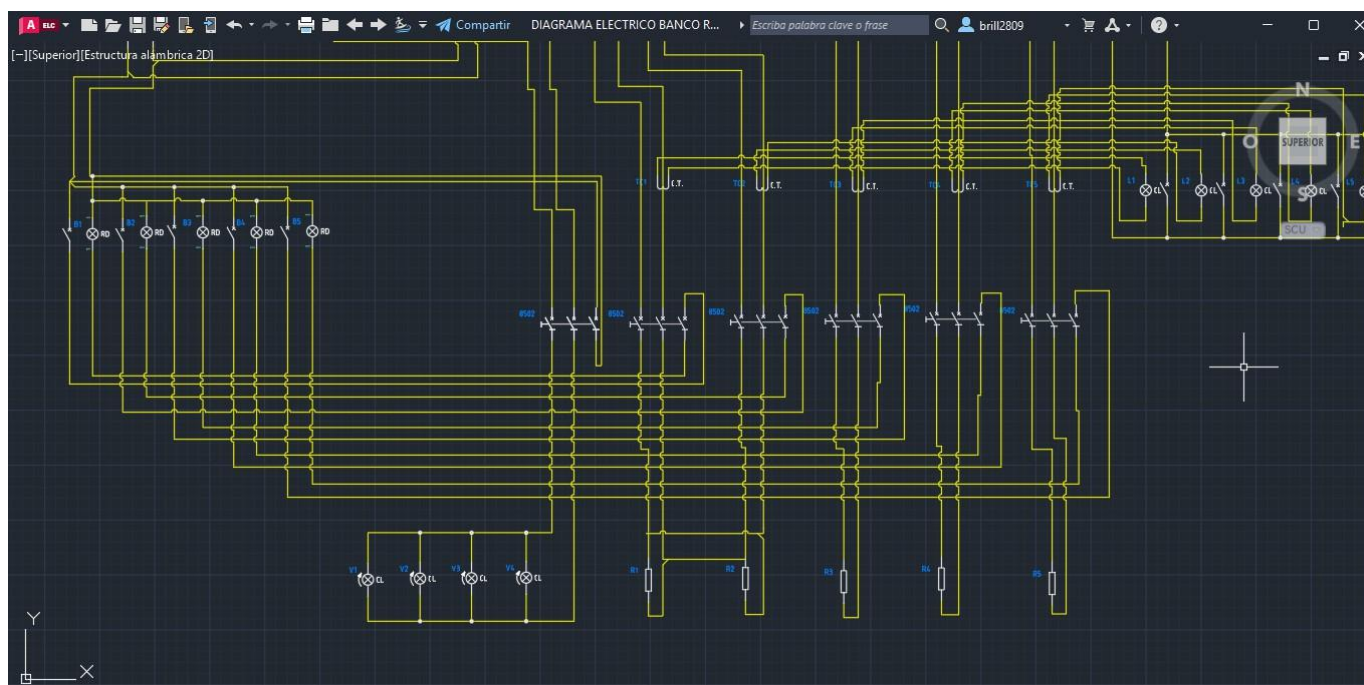


Ilustración 37. Parte 2 de diagrama eléctrico del monitoreo de las resistencias

Creación propia

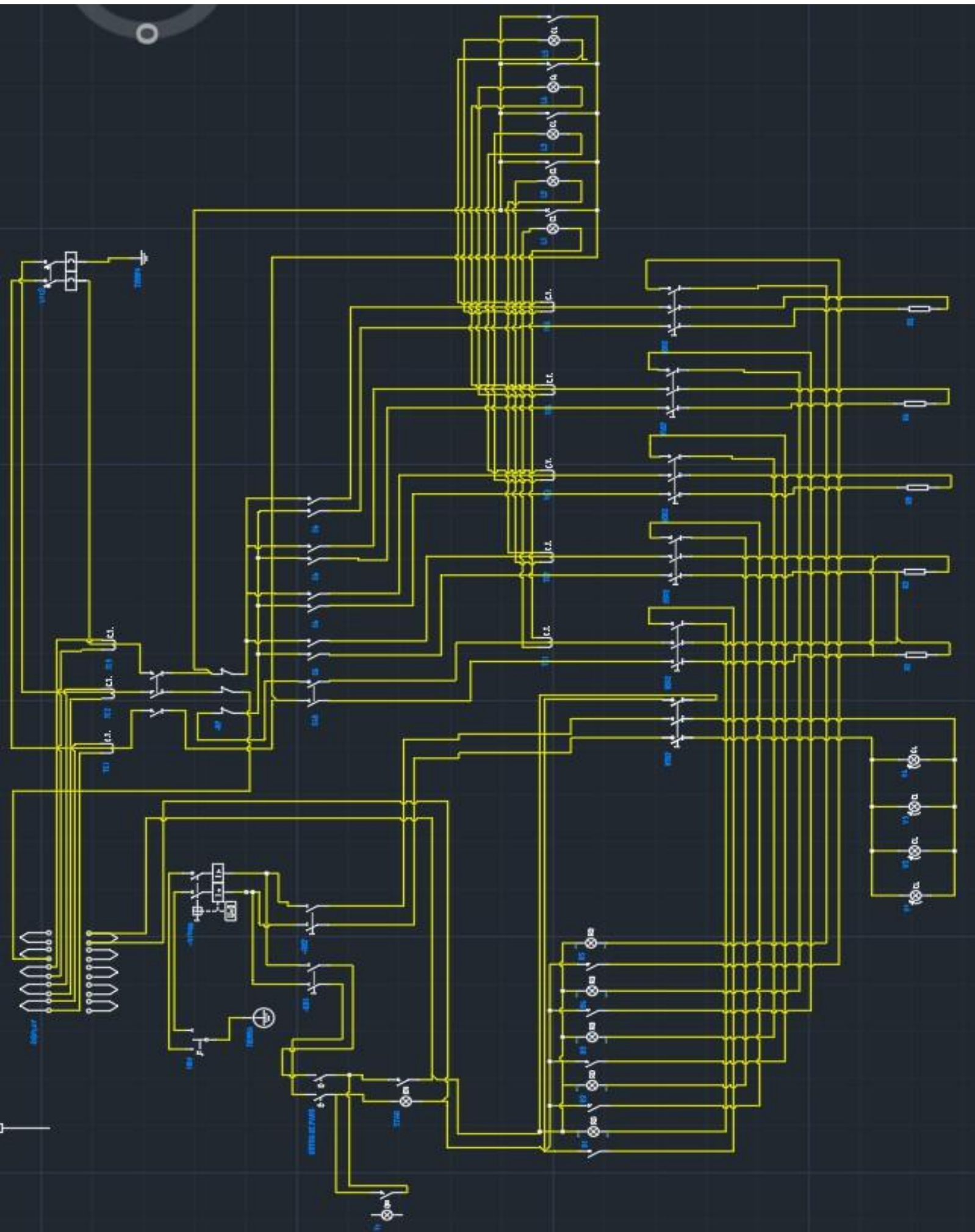
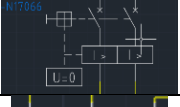
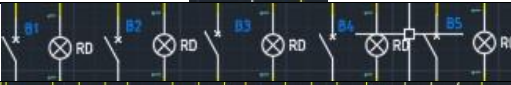


Ilustración 38. Diagrama eléctrico completo

Creación propia

Tabla 2. Simbología de componentes en AutoCAD

Creación propia

Símbolo	Nombre de componente
	Pantalla HMI
	Transformador de corriente (TC)
	Conector de alimentación 110v
	Interruptor N17066
	Disyuntor de 3 terminales
	Conector de cables
	Botón de paro
	Sensor y pantalla de temperatura
	Botón de inicio
	Botones de etapas
	Contactores
	Ventiladores
	Resistencias
	Medidor de V, A, Hz y pantalla indicadora
	Conector para probar equipos

Además, se hizo la realización del diagrama de control en el software FluidSIM para que fuera visible como iba a funcionar los interruptores conectados a los contactores.

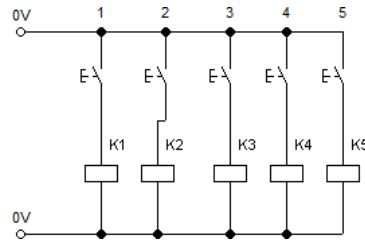


Ilustración 39. Diagrama de control de interruptores con contactores

Creación propia

3.3 Simulación

3.3.1. Simulación de las resistencias en el circuito del banco resistivo.

Se realizaron simulaciones en el software Proteus, con el objetivo de diseñar las conexiones de las resistencias para verificar y comprobar, que cada una otorgue los ohm necesarios para su correcto funcionamiento del banco resistivo y una buena disipación térmica, ver en la siguiente ilustración.

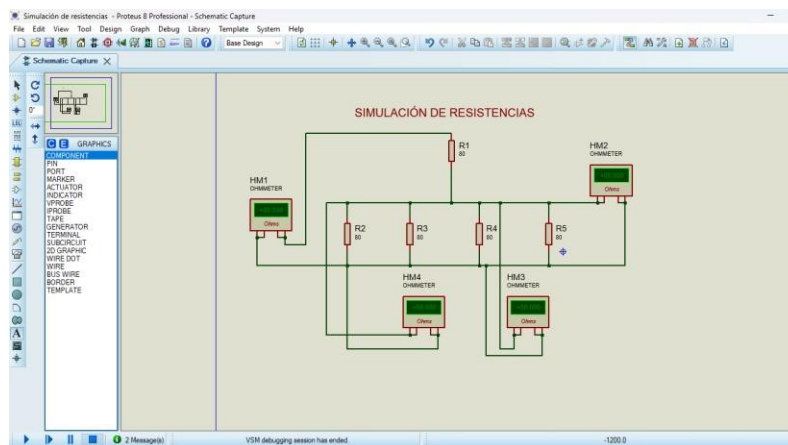


Ilustración 40. Conexión de las resistencias de acuerdo con el banco

Creación propia

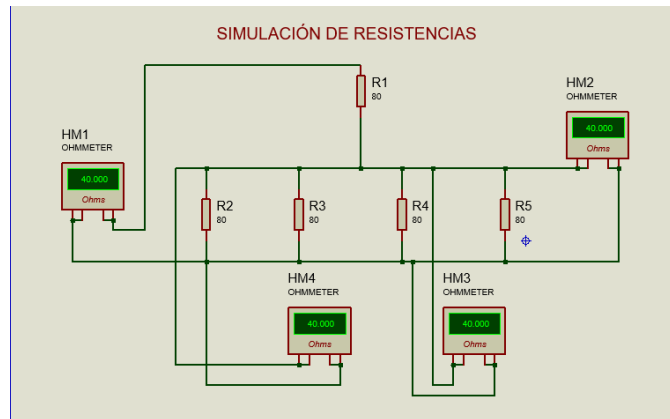


Ilustración 41. Simulación de resistencias y valores reales

Creación propia

Cada una de las resistencias solas otorgan 80Ω , al colocarlas en paralelo estas se reduce a 40Ω , lo suficiente para aplicar temperaturas altas, sin tener algún problema.

3.3.2. Simulación térmica del comportamiento de las resistencias en software SolidWorks

Así mismo se realizó la simulación de la resistencia, se somete a temperaturas entre 300 a 450°C , transfiriendo el calor hacia el material externo, ver en la siguiente ilustración.

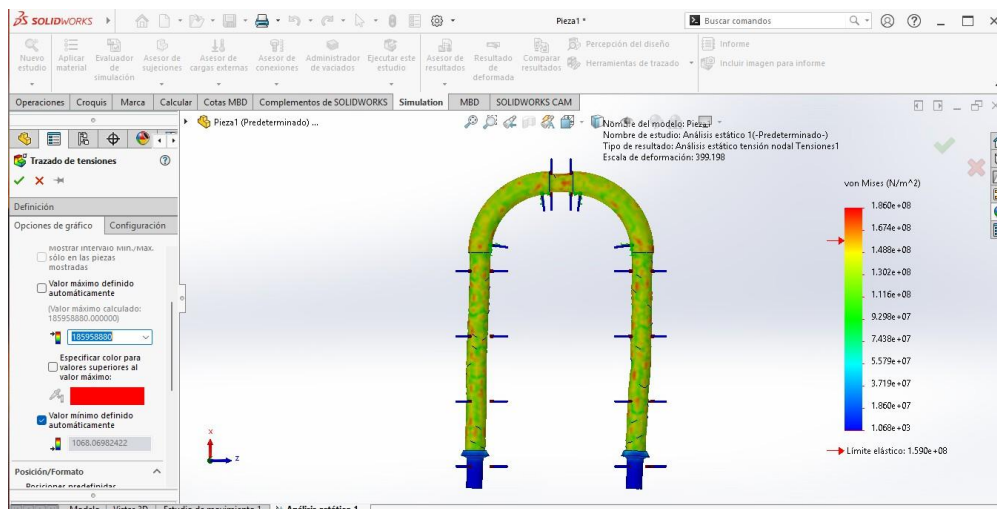


Ilustración 42. Resistencia sometida a baja temperatura

Creación propia

Se aplico el análisis de elementos finito, para predecir el comportamiento de las resistencias ante fuerzas físicas reales en este caso temperatura (calor), ver en la siguiente ilustración.

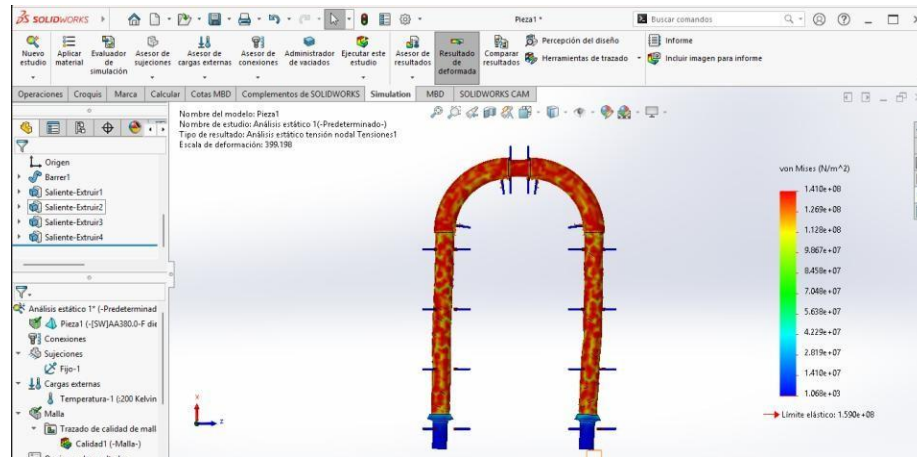


Ilustración 43. Análisis de elementos finitos en resistencia

Creación propia

Alcanzando altas temperaturas empieza la disipación hacia el exterior, esa actividad se realiza con facilidad gracias a las aletas que transfieren el calor, ver en la siguiente ilustración.

3.4 Implementación del prototipo

3.4.1. Montaje del sistema de control y protecciones eléctricas.

Se paso al prototipado y montaje del sistema de control y protecciones en el banco resistivo, colocando los disyuntores para el control del banco, ver la siguiente ilustración.

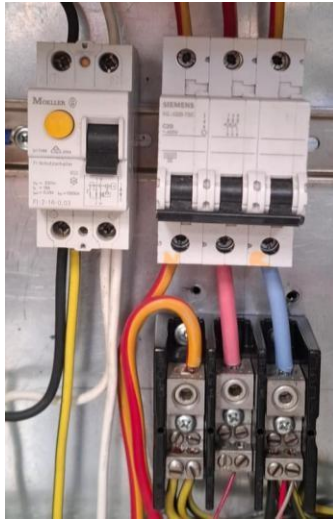


Ilustración 44. Montaje de disyuntor al tablero

Creación propia

Así mismo, se realizó el montaje de los interruptores termomagnéticos para garantizar un buen control y protección de cada etapa de accionamiento del banco, ver la siguiente ilustración.

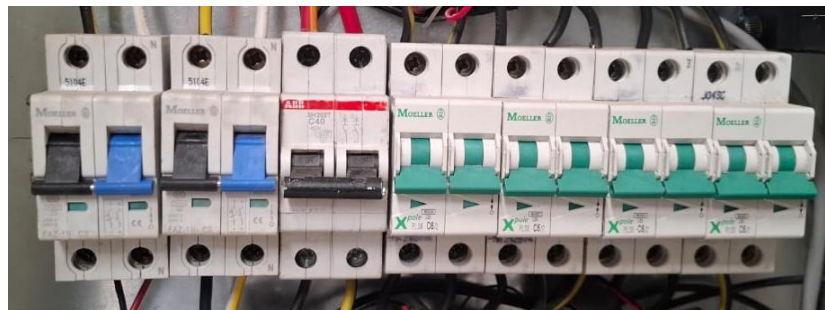


Ilustración 45. Montaje de interruptores al tablero.

Creación propia

La instalación de contactores eléctricos para controlar de forma independiente cada resistencia (etapa) del sistema, ver en la siguiente ilustración.

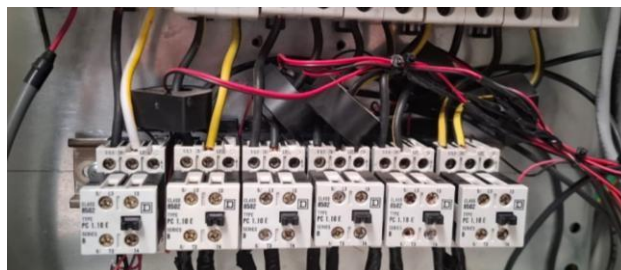


Ilustración 46. Montaje de contactores eléctricos

Creación propia

Para facilitar la medición de parámetros eléctricos se montaron TC, los cuales miden sin necesidad de interrumpir el conducto principal. Este dispositivo permite obtener valores de corriente de forma segura y así poder aislar el sistema de medición del circuito de potencia, ver la siguiente ilustración.

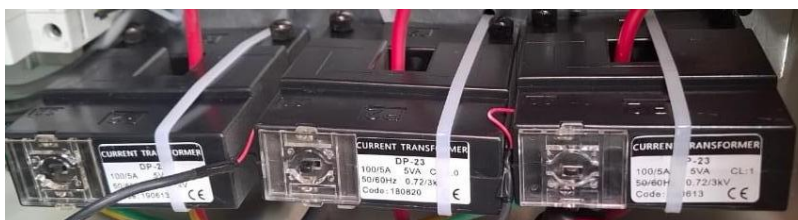


Ilustración 47. Montaje de TC al tablero

Creación propia

Se realizó la conexión de la pantalla HMI para un correcto monitoreo de las variables a medir, ver en la siguiente ilustración.

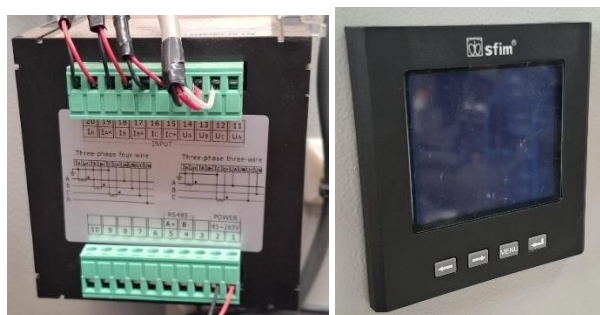


Ilustración 48. Montaje y visualización de la pantalla

Creación propia

El montaje del botón de inicio para poder energizar el banco y habilitar su funcionamiento, este es un elemento fundamental ya que activa la secuencia operativa inicial, garantiza el arranque seguro del equipo, ver en la siguiente ilustración.

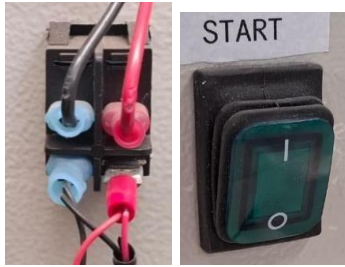


Ilustración 49. Montaje y visualización del botón de inicio “STAR”.

Creación propia

No podía faltar el botón de paro de emergencia, para detener completamente el funcionamiento del sistema ante cualquier problema o situación de riesgo, ver la siguiente ilustración.



Ilustración 50. Montaje y visualización del botón de paro

Creación propia

Se incorporaron interruptores basculantes cada uno asignado a la activación de una etapa (carga), específica del sistema, permitiendo un control más preciso de los niveles de distribución aplicables, ver en la siguiente ilustración.

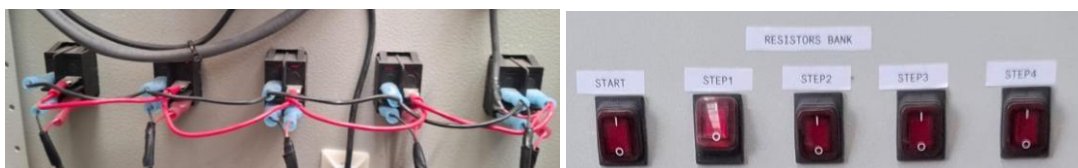


Ilustración 51. Montaje y visualización de botones para etapas.

Creación propia

El montaje del voltímetro/amperímetro/Hz, permite tomar señales eléctricas y las envía directamente a la pantalla de visualización, donde se muestran los parámetros en tiempo real para el monitoreo del sistema, ver en ilustración.

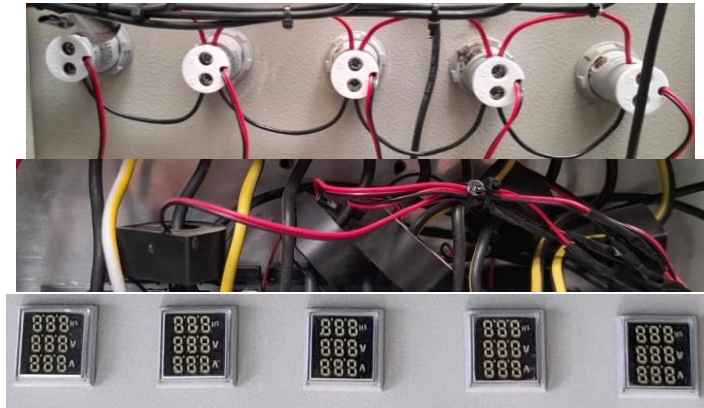


Ilustración 52. Montaje, visualización de voltímetro/amperímetro Hz

Creación propia

Con una fuente de 120 V, se colocó un contacto donde se alimentará el banco y empezará a suministrar energía al equipo, ver la siguiente ilustración



Ilustración 53. Montaje y visualización del conector de 120 v.

Creación propia

Por último, el contacto que permite la conexión con los equipos a los que el banco les aplicara cargas comprobando así, si tiene un correcto funcionamiento, ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 54. Visualización del conector para probar el alternador

Creación propia

3.4.2. Instalación del sistema de ventilación y sensores de temperatura.

Se inicio con el montaje del primer contactor eléctrico, el cual se asignó para que encendiera los cuatro ventiladores del sistema y la primera resistencia (etapa). Los demás contactores fueron conectados de manera individual a cada una de las resistencias logrando así el control independiente de cada carga, ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 55. Conexión de los contactores eléctricos con las resistencias y ventiladores.

Creación propia

Tras la conexión de cada una de las resistencias al contactor se pasó al montaje de manera estructurada para optimizar la distribución en el gabinete, esto con la finalidad de garantizar un flujo de aire adecuado entre los elementos y favoreciendo una ventilación eficiente, por ende, un correcto enfriamiento del gabinete de las resistencias, ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 56. Montaje y visualización de resistencias y ventiladores

Creación propia

Por último, la instalación del sensor de temperatura con su pantalla para que se visualice la temperatura interior del gabinete, ver en la siguiente ilustración.

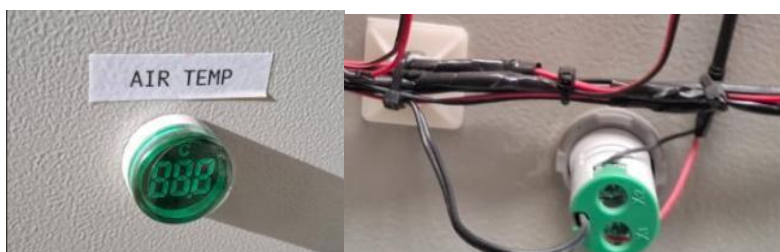


Ilustración 57. Montaje y visualización del sensor de temperatura

Creación propia

3.4.3. Ensamblaje del prototipo del banco resistivo.

Después del prototipado y montaje se logró el ensamblaje del banco resistivo, ver la siguiente ilustración.



Ilustración 58. Parte frontal del banco resistivo

Creación propia



Ilustración 59. Partes laterales del banco resistivo

Creación propia

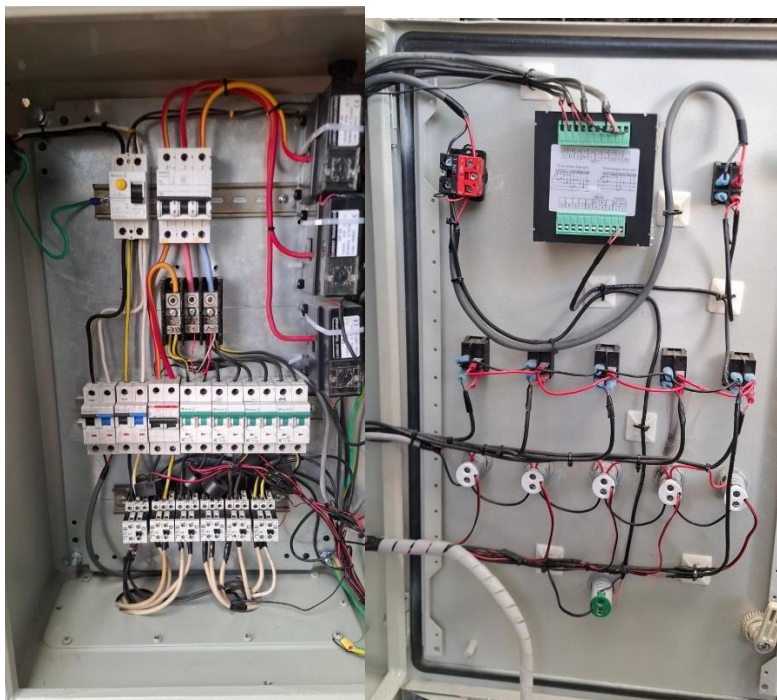


Ilustración 60. Vista de las conexiones en el interior del banco de resistencia

Creación propia



Ilustración 61. Vista del montaje y conexión de las resistencias al interior del banco

Creación propia

3.5 Pruebas o Testing

En esta parte se verifica el funcionamiento confiable del banco, así como el desempeño térmico, estabilidad eléctrica y seguridad operativa. Por eso se realizaron pruebas con un generador de energía de 120 V y un alternador de un vehículo a los cuales se le someterán cargas, evaluando así su capacidad de respuesta y desempeño, demostrar así que cumple con las especificaciones que el fabricante menciona.

3.5.1. Prueba de encendido del banco resistivo

Se inicio alimentando al banco resistivo con 127 V de corriente alterna, como se muestra en la siguiente ilustración.



Ilustración 62. Alimentación de 127v al banco resistivo

Creación propia

Después de que estuviera energizado se procedió a subir el interruptor principal para que se pudiera suministrar energía a los interruptores restantes y así cada uno alimente a su contactor eléctrico, en la siguiente ilustración se muestra el voltaje con el que se está alimentando además de poder ver en las pantallas si cada carga esta alimentada.



Ilustración 63. Banco encendido prueba de funcionamiento de etapas escalonadas

Creación propia

3.5.2. Prueba de medición de parámetro del alternador

Para realizar la prueba a un alternador de un vehículo se pasó a la conexión del banco resistivo con el objetivo de poder simular cargas eléctricas reales y evaluar su comportamiento y respuesta bajo distintas condiciones de operación, ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 64. Conexión de banco resistivo con alternador

Creación propia

Se ocupó un alternador de 12V con una corriente máxima de 30 amperes. En primer lugar, se procedió a realizarse una prueba al vacío donde se mantuvo conectada la batería del vehículo con 12 V de corriente continua con el fin de estabilizar el voltaje del sistema durante las pruebas como se muestra en la siguiente ilustración.



Ilustración 65. Prueba al vacío de la batería conectada al alternador

Creación propia

Después se pasó a la conexión del banco resistivo con el alternador, la terminal B+ del alternador fue conectada al terminal positivo del banco, por otro lado, el terminal negativo del banco resistivo se conectó directamente al chasis del vehículo, asegurando una correcta conexión a tierra, como se muestra en la siguiente ilustración.



Ilustración 66. Conexión de terminales del alternador con banco resistivo y chasis.

Creación propia

Con el motor del vehículo encendido se mantuvo a una velocidad de 2000 rpm, inicialmente se aplicó la primera carga registrándose un voltaje de salida de 14,6 V y una corriente aproximada de 30 amperes, ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 67. Carga inicial del banco a la batería del vehículo Creación propia

En esta parte se procedió a calcular la potencia eléctrica otorgada del alternador al vehículo.

$$P_{\text{útil}} = V * I$$

Se tiene que $P_{\text{útil}} = 14.6 * 30 = 438 \text{ W}$ eso quiere decir que la potencia eléctrica que otorga el alternador al vehículo es de 438 W. La corriente sube dependiendo de la carga ejercida por parte del banco resistivo. Posteriormente se incrementó la carga por etapas, cada una disminuía el voltaje otorgado del alternador a la batería, ver la siguiente ilustración.



Ilustración 68.3ra carga aplicada disminuyo a 12.9 v

Creación propia



Ilustración 69.4ta etapa de carga aplicada

Creación propia

Durante la aplicación de carga máxima total por parte del banco resistivo al alternador el voltaje disminuyó a 10.9 V demostrando así que presenta fallas en cualquiera de sus componentes, ya que los valores entre los que debe estar son 13 a 14.5 V.

Así mismo se verificó la correcta operación del sistema de ventilación forzada del banco resistivo, se monitorearon de forma continua el voltaje de salida, la corriente entregada. También la temperatura en el interior del gabinete la cual no superó los 25 °C, ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 70. Temperatura interna del banco resistivo

Creación propia

Con ayuda del banco resistivo se pudo evaluar la estabilidad del voltaje del alternador y verificar su capacidad de regulación ante variaciones de demanda eléctrica. Esto garantiza mediciones más precisas del comportamiento real del alternador durante la carga de la batería, contribuyendo a un análisis confiable del sistema.

3.5.3. Prueba de medición de parámetros del generador de energía

Para realizar la prueba a un generador de energía, se procedió a conectarlo con el banco resistivo para así poder simular cargas eléctricas reales, evaluar su comportamiento y desempeño bajo distintas condiciones de operación, ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 71.: Conexión del banco resistivo con generador de electricidad.

Creación propia

Se utilizo un generador eléctrico bifásico, con una tensión nominal de 110 V en corriente alterna y una frecuencia de 60 Hz, para esta prueba se evaluó su desempeño bajo el nivel de carga de 2800 W. Antes de la aplicación de carga, se verifico el funcionamiento del generador en condiciones de vacío, comprobando que el voltaje de temperatura se mantuviera entre 110 V, al igual que la frecuencia estuviera estable en 60 Hz, ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 72. Voltaje otorgado del generador de energía al banco

Creación propia



Ilustración 73. Frecuencia otorgada del generador al banco resistivo

Creación propia

En este caso solo se utilizan dos fases, cada una proporciona cierto voltaje dando en la sumatoria entre los 32.3 V y 83 V un total de 115.3 V, lo cual se encuentra entre los rangos de voltaje estable del fabricante.

Se empezó por una prueba al vacío donde el generador de energía estaba trabajando sin tener alguna carga o demanda de energía, ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 74. Prueba al vacío otorgo una corriente de 0 amperes, por cada etapa iba aumentando gradualmente.

Creación propia

Se procedió a someterlo a cargas donde se vio la disminución de voltaje y el aumento de la corriente por parte del generador de energía.



Ilustración 75. Al ser sometida a la 3ra carga el banco otorga 9 amperes.

Creación propia



Ilustración 76. En la última carga se registró un amperaje de 11 amperes y un voltaje sumado de 112.3 V

Creación propia

Para el cálculo de la potencia eléctrica se sustituye la siguiente formula:

$$P = V * I$$

Los que nos da como resultado que $P = 115 \text{ V} * 11 \text{ A} = 1265 \text{ W}$, con eso demostrando que el generador está trabajando de manera segura y constante, por debajo de su máxima capacidad lo que es bueno para el motor. Mientras el banco se encontraba trabajando la temperatura no supero los 20 C° , gracias al sistema de ventilación forzada, ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 77. Temperatura en el interior de banco resistivo

Creación propia

Capítulo IV: Resultados y Conclusiones

En esta parte se presentan los resultados obtenidos durante la elaboración del proyecto, además de las conclusiones a las que se llegaron al realizar las pruebas en el alternador y generador de energía.

4.1 Resultados

A partir del desarrollo y la evaluación del banco resistivo se tuvo como resultado el cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos, con ayuda del análisis de las condiciones de operación, se permitió definir los parámetros eléctricos, térmicos y de seguridad requeridos para el sistema, logrando así la compatibilidad para aplicaciones tanto en pruebas en sistemas eléctricos automotrices como en generadores de energía industriales. Las simulaciones eléctricas y térmicas elaboradas en software presentaron resultados coherentes al realizar las pruebas en físico, lo que logro validar el diseño previo a la construcción del proyecto.

Durante la etapa de implementación los componentes fueron conectados satisfactoriamente, logrando cumplir cada uno con su función, en conjunto el banco resistivo demostró ser un equipo versátil en la medición de variables eléctricas como voltaje, corriente, frecuencia y potencia eléctrica en generadores de energía lo facilita el análisis del desempeño de los componentes a los que se le aplica la prueba bajo condiciones de carga controlada.

Finalmente, los resultados obtenidos validan la correcta funcionalidad del sistema desarrollado y es adecuada como una plataforma para la evaluación de equipos generadores de energía (alternador), trayendo consigo una mejora en el diagnostico de fallas de los equipos a los que se le realicen pruebas.

4.2 Conclusiones

En conclusión, el diseño y construcción del banco resistivo de 12KW, logró cumplir satisfactoriamente con el objetivo general del proyecto, que constaba de desarrollar un equipo capaz de simular condiciones de carga reales de manera controlada y segura. No solo eso si no al realizar las pruebas al alternador demostró que el equipo permite evaluar de manera efectiva la entrega de potencia eléctrica bajo carga, alcanzando así la potencia nominal sin presentar inestabilidades, en caso contrario que existiera presencia de problemas en el alternador ya sea al no tener un correcto voltaje de salida o una potencia eléctrica adecuada, se pueden dar soluciones al usuario para arreglar el alternador o en caso mayores cambiar la batería ya que puede presentar signos de que no retiene carga.

En general, todos los sistemas demostraron ser efectivos ya sea desde el sistema de control, de protección eléctrica, de ventilación forzada o incluso el de monitoreo. Se concluye que el banco resistivo es un equipo versátil, además de ser un recurso valioso para pruebas, validaciones en cualquier generador de energía en este caso desde el alternador hasta generadores más completos, dando un diagnóstico más completo sobre cualquier componente ahorrando así tiempo en encontrar la falla.

Capítulo V: Competencias desarrolladas y/o aplicadas

Durante el desarrollo del proyecto llamado “Diseño y construcción de banco resistivo de 12KW”, se permitió fortalecer algunas competencias, mediante la aplicación de conocimientos teóricos y prácticos como lo fue el diseño e implementación de sistemas eléctricos y eléctricos automotrices.

- Manejo de software AutoCAD, SolidWorks, Proteus y Fluidsim para la elaboración del diagrama eléctrico, la simulación de las conexiones de las resistencias, así como el análisis de elementos finitos de la temperatura en las que serán sometidas las resistencias
- Análisis de sistemas eléctricos de potencia, tales como resistencias, interruptores, disyuntores y contactores, considerando criterios de seguridad, eficiencia energética y disipación térmica.
- Medición de variables eléctricas para poder tener el conocimiento para medir interpretar y evaluar variables eléctricas utilizando el banco resistivo como herramienta de prueba en condiciones controlada.
- Documentación teórica del proyecto se logró tener habilidad para elaborar documentación clara y estructurada presentando cálculos, resultados y validaciones del proyecto.

Referencias

Altium. (2025, marzo 10). Estándares automotrices para componentes electrónicos. Altium Resources.

<https://resources.altium.com/es/p/automotive-standards-electronic-components>

Auto Avance. (2025, diciembre 10). Fallas comunes del alternador. Auto Avance Blog Técnico Automotriz.

<https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/alternador-falla/>

Avtron Power Solutions. (2019). Preventive maintenance with load banks. Avtron Power Solutions.

<https://avtronpower.com/es/resources/articles/preventive-maintenance-with-load-banks/>

Avtron Power Solutions. (s. f.). When and how to de-rate load banks. Avtron Power Solutions.

<https://avtronpower.com/es/resources/articles/when-and-how-to-de-rate-load-banks/>

Ayala Quintero, A. S. (2016). Diseño y construcción de un banco de pruebas para circuitos eléctricos (Tesis de licenciatura). Universidad Politécnica Salesiana.

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13453>

CEIV. (s. f.). Resistencias aletadas. CEIV.

<https://ceiv.com.mx/resistencia-tubular-aletada/>

Chinnadurai, M., & Miller, G. (2014). Alternator and starter tester with capacitive element, active load control and belt slip detection (WO 2014165156A1). World Intellectual Property Organization.

<https://patents.google.com/patent/WO2014165156A1/en>

CIMAX. (s. f.). Resistencias tubulares. CIMAX Resistencias.

<https://resistencias-cimax.com/tipos-de-resistencia/resistencia-tubular/>

Copyring. (2019). ¿Qué es el efecto Joule? Watiofy.

<https://watiofy.com/info/faqs/que-es-el-efecto-joule-definicion-y-formula/>

Dassault Systèmes. (2022). Convection. SolidWorks Help.

https://help.solidworks.com/2019/spanish/SolidWorks/cworks/c_Convection.htm

DB Diesel Generator. (2025). Functions and working principle of alternator excitation systems.

DB Diesel Generator.

<https://www.dbdieselgenerator.com/diesel-generators/functions-and-working-principle-of-alternator-excitation-systems.html>

Delphi. (2023). Cómo evaluar la funcionalidad de un alternador. Delphi Technologies.

<https://www.delphiautoparts.com/es/masters-of-motion/c%C3%B3mo-se-hace/art%C3%ADculo/c%C3%B3mo-evaluar-la-funcionalidad-de-un-alternador>

Electude. (2024). ¿Cómo funciona un alternador? Electude.

<https://www.electude.com/es/espacio-docente/como-funciona-un-alternador/>

Electude. (2026). Funcionamiento del alternador. Electude.

<https://www.electude.com/es/espacio-docente/como-funciona-un-alternador/>

Elesanblog. (2016, febrero 15). ¿Por qué salta el diferencial? Elesanblog.

<https://elesanblog.wordpress.com/2016/02/15/por-que-salta-el-diferencial-2/>

Excavatorstartermotor. (2022, abril 12). The role of the alternator rotor and stator. Excavator Starter Motor.

<https://spanish.excavatorstartermotor.com/news/the-role-of-the-alternator-rotor-the-role->

[of-the-alternator-stator-the-principle-of-the-alternator-111009.html](#)

Ford Motor Company. (2023, enero). ¿Para qué sirve el alternador? Ford México.

<https://www.ford.mx/blog/experto/para-que-sirve-alternador-enero2023/>

García, P. E. R., Zabaleta, J., Parra, N. E. V., & Instituto de Estudios de la Fundación Distrital.

(2013). Diseño e implementación de un banco de carga monofásico para pruebas en UPS.

Revista Redes de Ingeniería.

<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/REDES/article/download/6364/9464?inline=1>

Incluyeme.com. (2025). Ergonomía accesible en espacios de trabajo. Incluyeme.

<https://www.incluyeme.com/ergonomia-accesible-adaptar-el-espacio-de-trabajo-sin-grandes-inversiones/>

LinkedIn Corporation. (2025). Accesibilidad y mantenimiento. LinkedIn.

<https://www.linkedin.com/pulse/accesibilidad-y-mantenimiento-alexis-devenin-bzg4e/>

MD Resistor. (s. f.). Todo lo que debe saber sobre el banco de carga resistiva. MD Resistor.

<https://www.mdresistor.com/es/todo-lo-sabe-sobre-el-banco-de-carga-resistiva/>

Monografías.com. (s. f.). Generadores de corriente alterna en automoción. Monografías.

<https://www.monografias.com/trabajos107/generadores-corriente-alterna-automocion-alternador/generadores-corriente-alterna-automocion-alternador2>

Navarrete, J. (s. f.). Funcionamiento del alternador. Actualidad Motor.

<https://www.actualidadmotor.com/funcionamiento-del-alternador/>

Prado, D. C., Wilches, R. C., & Universidad de San Buenaventura. (2006). Estudio, diseño y simulación de un banco de pruebas con cargas resistivas variables para UPS.

<http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/37905.pdf>

Rodes Recambios. (2021). Composición del alternador. Rodés Recambios.

<https://www.rodésrecambios.es/blog/mecanica/sistema-de-alimentacion/alternador/composicion-pieza/>

Roker. (2025). Guía sobre interruptores termomagnéticos. Roker.

<https://www.roker.com.ar/productos-instrucciones/guia-sobre-los-interruptores-termomagneticos/>

Snap-on Tools Company. (2001). Alternator testing apparatus and method (U.S. Patent No.

6,242,921). United States Patent Office.

<https://www.freepatentsonline.com/6242921.html>

Soler & Palau. (2016, diciembre 2). Ventiladores industriales. Soler & Palau.

<https://www.solerpalau.com/blog/es-es/ventiladores-industriales/>

Soler & Palau. (2018, marzo 7). Extractores de aire. Soler & Palau.

<https://www.solerpalau.com/blog/es-es/extractor-de-aire/>

Thibedeau, D., Faehnrich, R., Brott, A., Goetzelmann, A., & Willems, P. (2003). Alternator testing method and system using timed application of load (U.S. Patent No. US20030117146A1).

<https://patents.google.com/patent/US20030117146A1/en>

Underhood Service. (2017, marzo 28). Alternators and low voltage battery. Underhood Service.

<https://www.underhoodservice.com/alternators-low-voltage-battery/>

Anexos

Anexo 1: Requerimientos de Gestión Tecnológica y Vinculación

Procedimiento y documentos necesarios para la liberación de residencias profesionales.

Anexo 2: Requerimientos de División de Estudios Profesionales

Procedimiento y documentos necesarios para iniciar el proceso de titulación

Anexo 3: Requerimientos de Servicios Escolares

Procedimiento y documentos necesarios para trámite de la titulación

